

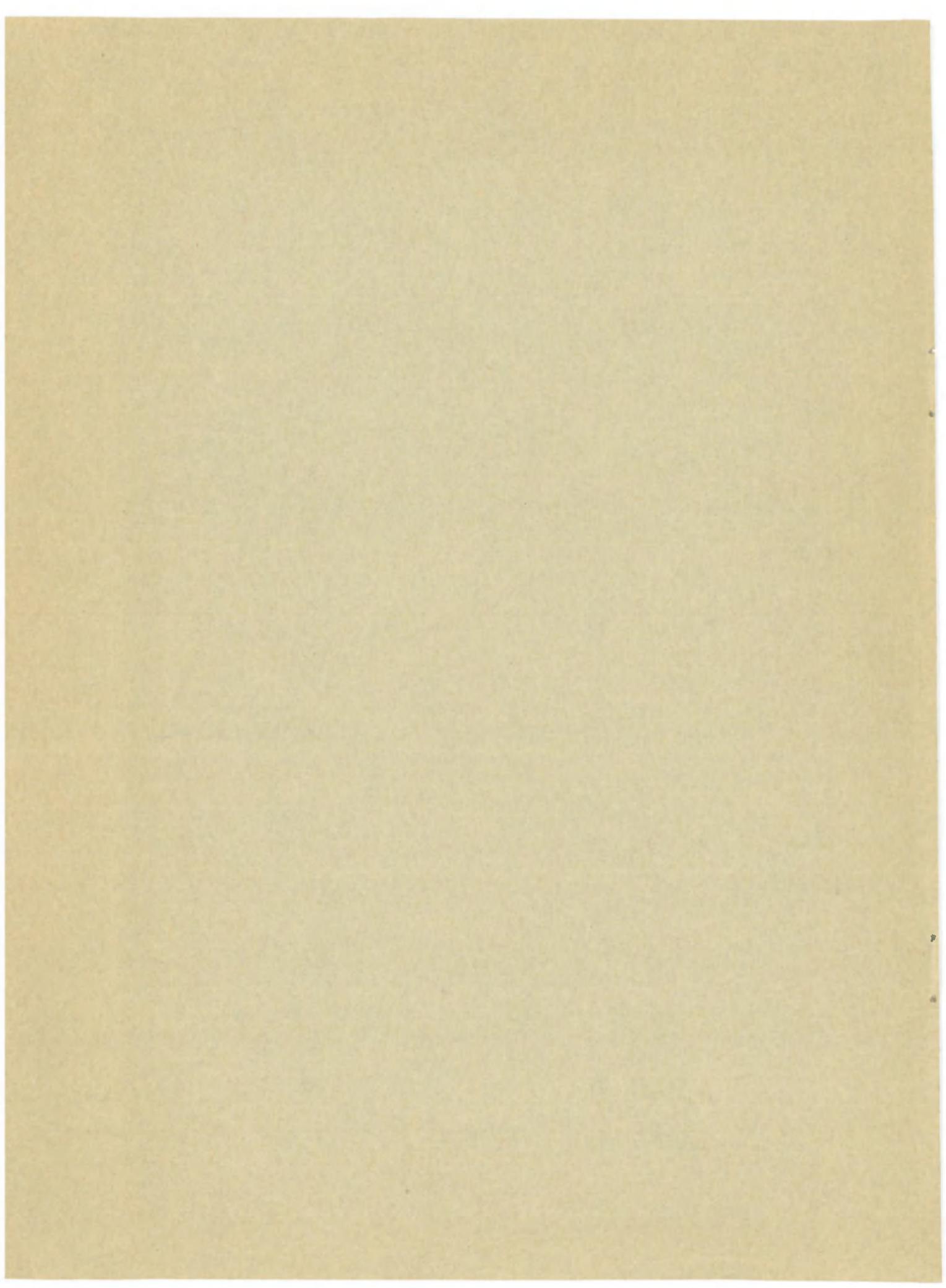
120295

GROUPE NOROIS

**Contribution à l'étude stratigraphique
des terrains affleurant en Manche centrale
et orientale**



*Extrait du
Mémoire du B.R.G.M., n° 79, (1972)*



CONTRIBUTION A L'ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE DES TERRAINS AFFLEURANT EN MANCHE CENTRALE ET ORIENTALE

par le Groupe NOROIS

RÉSUMÉ. — Un travail d'équipe a permis en 1969 le carottage de 436 échantillons de roches en Manche centrale et orientale sur des profils de sismique réflexion continue (sparker) préalablement établis par les soins du CNEXO. Cet article présente le résultat des analyses micropaléontologiques, minéralogiques et pétrographiques.

1) Jurassique. Mise en évidence de trois domaines aux caractères originaux :

— la Manche centrale, au Nord du Cotentin, dont les assises jurassiques présentent des caractères intermédiaires entre ceux des formations contemporaines affleurant sur la côte du Dorset au Nord-Ouest et ceux des dépôts jurassiques de Basse-Normandie au Sud-Est;

— la baie de Seine, entre le Cotentin et l'estuaire de la Seine, où les terrains du Trias supérieur et du Jurassique montrent les mêmes caractères que ceux du littoral voisin;

— enfin, la Manche orientale où les couches du Kimmeridgien supérieur et du Portlandien prolongent celles qui constituent les falaises du Boulonnais.

2) Crétacé. Les différentes espèces et associations rencontrées sont celles du Crétacé de la province boréale : Albien - Cénomanien - Turonien et surtout Sénonien.

3) Éocène. Quatre niveaux éocènes ont été déterminés : les Argiles d'Ypres, la formation de Varengeville, le Lutétien et le Bartonien (probablement Auversien).

4) L'étude palynologique de trois séries d'échantillons montre l'extension de la formation du Weald à 8 km SE du cap Dungeness, l'existence d'un dépôt marin aptien-albien à 18 km SSW de Fécamp et d'une formation continentale du Tertiaire inférieur (probablement faciès sparnaciens) à 24 km NNE de Fécamp.

5) L'étude palynologique et la datation au radiocarbone des sédiments quaternaires (tourbes et silts fluviatils) a permis de reconstituer l'évolution du couvert végétal continental depuis le Dryas ancien (un échantillon daté de $12\ 000 \pm 250$ ans), jusqu'au Préboréal ($9\ 800 \pm 230$ ans) et au Boréal ($8\ 250 \pm 300$ ans). La coupure entre le Tardiglaciaire et le Postglaciaire se marque vers 10 000 B.P. par le recul des conditions steppiques et le dépôt d'un sédiment fluviatile sur les tourbes marécageuses.

6) La détermination des minéraux argileux et des carbonates éventuellement présents a été effectuée sur 77 échantillons provenant de la Manche centrale et orientale; la majeure partie d'entre eux appartient au Secondaire.

Ce premier inventaire a permis de montrer que la kaolinite est abondante au Jurassique (exception faite du Jurassique moyen et de l'Oxfordien) et se trouve associée à la calcite. Au Crétacé, on retrouve l'assemblage classique montmorillonite-calcite.

SUMMARY. — A team of geologists and geomorphologists have cored 436 samples of rock in Central and Eastern English Channel, following continuous seismic surveys by the CNEXO. The results of micropaleontological, mineralogical and petrographical studies are exposed here.

1) Jurassic. Three main regional units are delimited :

— Central English Channel, N to Cotentin peninsula, where Jurassic strata show an intermediate facies between Dorset coast type and Norman one;

— Bay of the Seine, between Cotentin peninsula and the estuary of the river, where Upper Triassic-Jurassic formations are closed similar as those of near coasts of Manche and Calvados « departments »;

— Eastern English Channel, where Upper Kimmeridgian and Portlandian beds of Boulonnais cliffs continue to outcrop westward on the marine bottoms.

2) Cretaceous. Microfauna distribution indicate the cretaceous of the northern-country (Albian, Cenomanian, Turonian and especially Senonian).

3) Eocene. Four stratigraphical units are determined: Ypresian clay, Varengeville clay, Lutetian and Bartonian (like Auversian).

4) Palynological analysis suggest that the samples collected 8 km SE Dungeness belong to the Weald, those from 18 km SSW Fecamp are believed to be late Lower-Cretaceous (Aptian-Albian). One continental deposit (24 km NNE Fecamp) can be regarded as early Tertiary, probably Sparnacian.

5) Palynological analysis and C 14 datation of peat and fluviatile silts have permitted to study the evolution of the vegetation from Ancient Dryas (zone I) to Boreal (zone V). The results of three C 14 datations are: 8250 ± 300 B.P.; 9800 ± 230 B.P.; 12600 ± 250 B.P. The limit between Tardiglaciaire and Postglaciaire is marked, at 10 000 B.P., by the disparition of steppic-vegetation and by the deposit of fluviatile silts on the marsh-peats.

6) The determination of clay minerals and eventually present carbonates, has been carried out on 77 samples originating from Eastern and Central Channel; most of them belongs to the Secondary.

The first inventory allows to show that kaolinite is abundant in the Jurassic (with the exception of Medium Jurassic and Oxfordian) and is found in association with calcite. In the Cretaceous, is found again the classical association montmorillonite-calcite.

AVANT-PROPOS

Cet article apporte les résultats stratigraphiques, c'est-à-dire micropaléontologiques, pétrographiques et minéralogiques de l'étude de 436 échantillons de roche carottés en place (ou probablement en place pour 84 d'entre eux) à l'aide d'un carottier à poids du type Stetson Hill, en juin-Juillet-Août 1969.

Nos travaux de carottages furent précédés d'une campagne de sismique réflexion légère à l'éteindre, exécutée par la compagnie Géotechnip¹. L'avantage de l'emploi successif des deux méthodes est évident. La sismique légère, en dehors des précieuses information structurales qu'elle apporte, favorise la découverte d'affleurements rocheux indispensables au succès du carottage, et permet une cartographie géologique plus précise que les prélèvements, si nombreux soient-ils. Les stations de carottage ont donc été implantées sur les profils sismiques précédemment réalisés. Inversement, les prélèvements de roches permettent d'identifier les réflecteurs et les horizons mis en évidence par la sismique, et, de là, rendent possible la reconstitution d'une histoire géologique et le dessin d'une carte géologique. Nos résultats ont donc été utilisés pour le dessin des cartes géologiques au 250 000^e dont la présentation est assurée par un autre article.

1. Ces travaux tant sismiques que de carottages ont été effectués à bord de «La Petite Marie-Françoise», armée par Géotechnip, et financés par le Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO).

2. Lab. de Géologie marine, Université de Rennes (France).

3. Lab. de Géologie marine, Univ. de Caen (France).

4. Lab. de Géologie dynamique, Univ. de Paris.

5. Lab. de Géographie, Fac. des lettres d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

Notre travail est le fruit d'une œuvre collective à laquelle ont participé géologues marins et stratigraphes :

— G. Boillot², initiateur de cette campagne en a assuré l'organisation matérielle;

— J.-P. Auffret³, M. Genesseaux⁴, F. Hinschberger⁵, P. Hommeril⁶, M. Lamboy⁶, C. Larsonneur³, J.-P. Pinot⁷, J.-R. Vanney⁸, se sont succédés comme chefs de Mission;

— F. Le Lann⁹ a assuré la coordination et la continuité du travail à la mer;

— P. Hommeril, M. Lamboy, C. Larsonneur, ont organisé la préparation des échantillons recueillis, avec l'aide de J. Heudron et J.-P. Valois⁶.

Outre les stratigraphes et pétrographes dont les noms sont cités au début de chaque partie de cet article, ont également, dans une moindre mesure, participé à l'étude des échantillons : F. Doré³ pour le socle antécambrien et paléozoïque, P. Andreieff¹⁰ et P.-A. Dupeuble⁶ pour le Crétacé et le Tertiaire;

— M. Genesseaux et J.-R. Vanney ont dressé le tableau de localisation des points de carottage qui est placé à la suite de cette introduction;

— Enfin, G. Boillot et P. Hommeril ont rédigé la partie générale de cet article et en ont assuré la présentation.

6. Lab. de Géologie, Univ. de Rouen (France).

7. Lab. de Géographie, Univ. de Nantes (France).

8. Inst. de Géographie, Univ. de Paris.

9. Etudiant à l'Université de Rennes, maintenant Ingénieur-Géologue au B.R.G.M. (Orléans-La Source) (France).

10. Ingénieur-Géologue au B.R.G.M. (Orléans-La Source) (France).

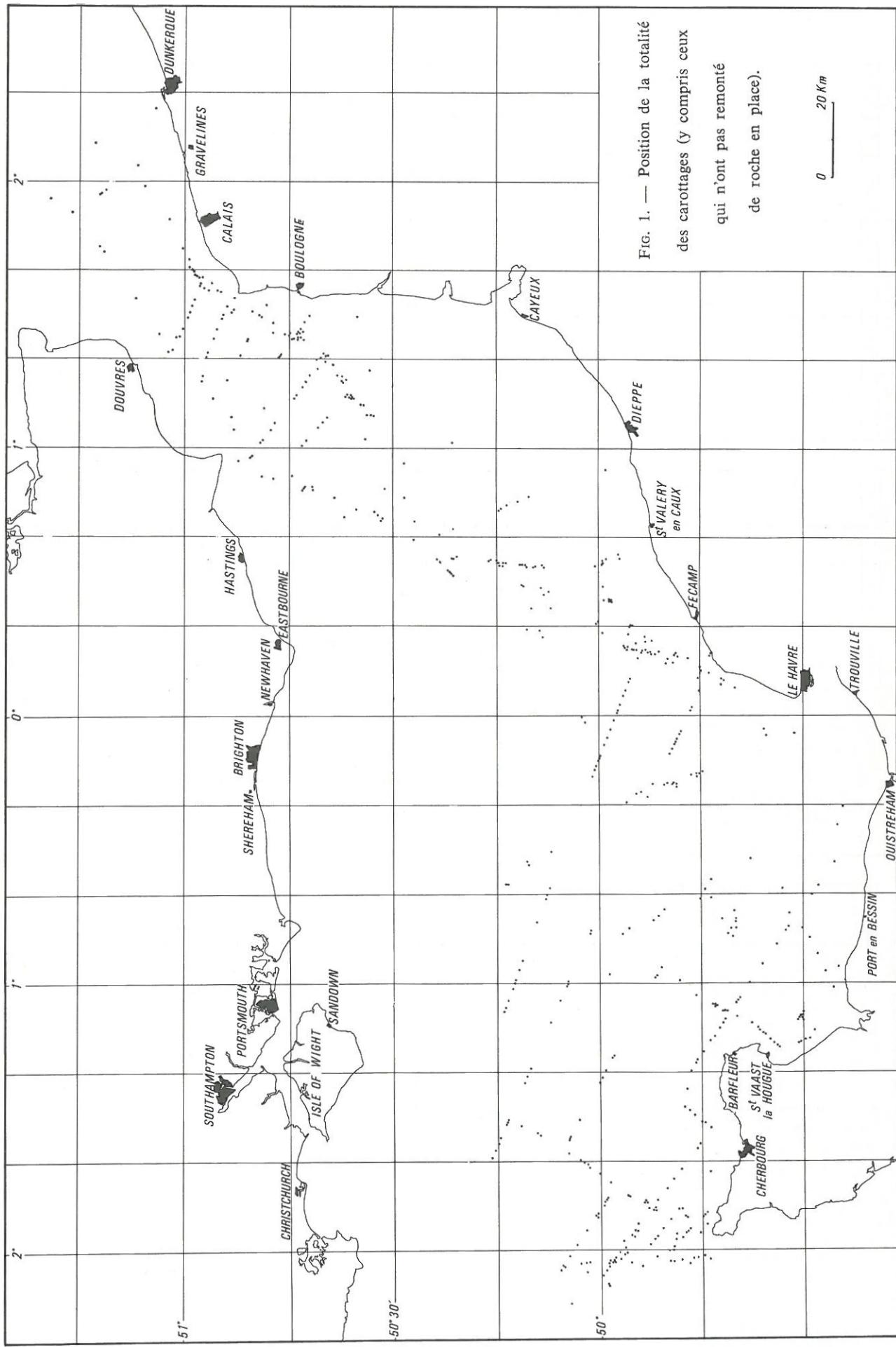


FIG. 1. — Position de la totalité des carottages (y compris ceux qui n'ont pas remonté de roche en place).

0 20 Km

TABLEAU I

Localisation des cuorages productifs
Roches en place ou probablement en place

Número	Latitude N		Longitude E	
	Degrees	Mil	Degrees	Mil
4.	49° 49"	"	49° 59"	"
9	49° 49"	"	49° 59"	"
10	49° 49"	"	49° 59"	"
II	49° 49"	"	49° 59"	"
12	49° 49"	"	49° 59"	"
13	49° 49"	"	49° 59"	"
23	49° 49"	"	49° 59"	"
24	49° 49"	"	49° 59"	"
26	49° 49"	"	49° 59"	"
28	49° 49"	"	49° 59"	"
40	49° 49"	"	49° 59"	"
42	49° 49"	"	49° 59"	"
43	49° 49"	"	49° 59"	"
56	49° 49"	"	49° 59"	"
57	49° 49"	"	49° 59"	"
67	49° 49"	"	49° 59"	"
68	49° 49"	"	49° 59"	"
70	49° 49"	"	49° 59"	"
71	49° 49"	"	49° 59"	"
76	49° 49"	"	49° 59"	"
78	49° 49"	"	49° 59"	"
82	49° 49"	"	49° 59"	"
90	49° 49"	"	49° 59"	"
91	49° 49"	"	49° 59"	"
93	49° 49"	"	49° 59"	"
95	49° 49"	"	49° 59"	"
97	49° 49"	"	49° 59"	"
TO1	49° 49"	"	49° 59"	"
TO2	49° 49"	"	49° 59"	"
TO3	49° 49"	"	49° 59"	"
TO4	49° 49"	"	49° 59"	"
TO5	49° 49"	"	49° 59"	"
TO7	49° 49"	"	49° 59"	"
TO8	49° 49"	"	49° 59"	"
TO13	49° 49"	"	49° 59"	"
TO15	49° 49"	"	49° 59"	"
TO16	49° 49"	"	49° 59"	"
TO17	49° 49"	"	49° 59"	"
TO18	49° 49"	"	49° 59"	"
TO20	49° 49"	"	49° 59"	"
TO22	49° 49"	"	49° 59"	"
TO23	49° 49"	"	49° 59"	"
TO51	49° 49"	"	49° 59"	"
TO75	49° 49"	"	49° 59"	"
TO76	49° 49"	"	49° 59"	"
TO78	49° 49"	"	49° 59"	"
TO79	49° 49"	"	49° 59"	"
TO82	49° 49"	"	49° 59"	"
TO83	49° 49"	"	49° 59"	"
TO85	49° 49"	"	49° 59"	"
TO86	49° 49"	"	49° 59"	"
TO87	49° 49"	"	49° 59"	"
TO88	49° 49"	"	49° 59"	"
TO95	49° 49"	"	49° 59"	"
TO94	49° 49"	"	49° 59"	"
TO97	49° 49"	"	49° 59"	"
200	49° 49"	"	49° 59"	"
203	49° 49"	"	49° 59"	"

Número	Latitude décimales	Latitude minutées	Latitude secondes	Longitude décimales	Longitude minutées	Longitude secondes	Nombre de degrés	Nombre de minutes	Nombre de secondes
352	"	42	9	0	51	1	6	9	0
353	"	43	0	0	50	0	50	0	0
355	"	41	5	0	50	9	49	0	0
356	"	38	4	0	49	1	45	1	0
360	"	32	1	0	44	6	45	6	6
369	"	37	0	0	44	6	45	6	6
407	"	41	6	0	51	6	51	6	6
411	"	34	0	0	02	3	02	3	0
412	"	35	7	1	11	3	15	2	9
414	"	37	5	1	15	2	18	9	9
417	"	38	6	1	18	3	24	3	3
423	"	43	0	"	"	"	"	"	"
424	"	42	43	"	"	"	"	"	"
427	"	35	1	0	29	5	20	8	7
431	"	39	7	1	17	7	17	7	7
434	"	41	0	1	14	9	14	9	8
437	"	42	7	1	13	12	13	12	11
438	"	43	44	"	"	"	"	"	"
439	"	44	"	"	"	"	"	"	"
440	"	"	"	"	"	"	"	"	"
441	"	44	3	0	05	2	05	7	3
442	"	47	0	1	02	0	02	0	0
443	"	47	7	8	01	9	01	9	9
444	"	48	5	0	04	7	04	7	7
452	"	42	5	0	05	9	05	9	9
453	"	41	0	3	12	1	12	1	1
454	"	40	39	"	"	"	"	"	"
455	"	39	7	7	17	4	17	4	4
457	"	36	9	3	32	4	32	4	4
458	"	36	9	3	32	0	32	0	0
459	"	33	3	0	31	4	31	4	4
470	"	21	7	7	15	0	15	0	0
471	"	21	4	2	0	0	0	0	0
472	"	21	2	0	15	0	15	0	0
473	"	49	48	4	15	0	15	0	0
490	"	49	48	4	15	0	15	0	0
492	"	49	48	4	15	0	15	0	0
493	"	49	49	4	15	0	15	0	0
494	"	49	49	4	15	0	15	0	0
495	"	49	50	0	15	0	15	0	0
496	"	50	"	"	"	"	"	"	"
498	"	49	51	5	19	4	19	4	4
499	"	49	51	06	0	0	0	0	0
500	"	51	52	10	33	3	33	3	3
501	"	51	53	10	32	5	32	5	7
502	"	54	13	10	32	0	32	0	0
503	"	55	13	10	32	0	32	0	0
507	"	55	24	10	32	7	32	7	7
513	"	50	24	0	38	0	38	0	0
517	"	50	25	0	38	0	38	0	0
518	"	56	25	0	38	0	38	0	0
523	"	53	26	0	38	0	38	0	0
526	"	49	26	0	38	0	38	0	0
527	"	52	27	0	38	0	38	0	0
528	"	52	28	0	38	0	38	0	0
529	"	53	28	0	38	0	38	0	0
530	"	53	28	0	38	0	38	0	0
540	"	53	29	0	38	0	38	0	0
543	"	53	30	0	38	0	38	0	0

Numéro	Latitude N		Longitude E		Vg de r
	Degrés	Minutes	Degrés	Minutes	
708	"	13	"	3	b
712	"	12	"	9	2
713	"	12	"	9	9
714	"	12	"	4	4
715	"	12	"	0	0
722	"	07	"	41	0
723	"	07	"	40	4
725	"	07	"	38	4
735	"	00	"	38	3
736	"	00	"	32	4
740	49	58	2	03	1
741	"	97	8	03	0
742	"	57	3	01	6
743	"	57	2	01	6
747	"	56	4	05	4
748	"	55	2	07	5
749	"	55	0	08	3
762	"	58	2	27	9
766	50	06	9	24	8
767	"	09	8	23	8
770	"	08	2	17	7
791	49	31	0	03	5
796	49	37	6	32	4
809	"	28	4	10	3
811	"	29	0	12	2
812	"	29	7	12	7
813	"	30	4	13	0
815	"	30	6	13	3
820	"	30	6	13	3
821	"	30	4	12	2
822	"	30	3	12	2
823	"	30	4	12	2
824	"	30	2	12	2
826	"	30	0	12	2
831	"	24	6	06	2
832	"	26	7	56	3
833	"	27	8	57	2
834	"	29	0	53	6
835	"	30	0	49	6
836	"	31	9	44	2
837	"	33	0	38	7
853	"	30	5	43	2
855	"	31	2	44	6
859	"	35	6	47	6
860	"	35	4	48	E
867	66	46	0	41	7
868	"	50	0	11	8
871	"	51	0	45	6
872	"	52	0	48	6
874	"	54	0	50	6
875	"	54	0	53	9
876	"	54	0	56	6
877	"	54	0	57	8
878	"	55	0	59	6
882	"	55	0	59	0
883	"	55	2	00	4
884	"	57	2	00	2
885	"	57	3	00	2

I. — LE JURASSIQUE DES FONDS DE LA MANCHE CENTRALE ET ORIENTALE

par Michel RIOULT*, Jean GUYADER** et Claude LARSONNEUR*

Les affleurements de roches jurassiques¹ occupent des étendues relativement importantes sur les fonds de la Manche centrale et orientale, principalement au Nord du Cotentin, en baie de Seine et au large du Boulonnais.

Les séries de carottages de cette campagne, organisée par le groupe *Norois* sous les auspices du CNEXO, ont été orientées, en fonction des données géologiques publiées antérieurement, dans le but de guider et de contrôler l'interprétation des profils sismiques enregistrés parallèlement. De ce fait, l'intervalle variable entre deux carottages successifs suivant un même profil et l'espacement des divers profils subparallèles ou perpendiculaires, joints aux aléas du carottage sous-marin, devaient finalement conduire à un réseau d'informations ponctuelles à maille irrégulière et lâche. Mais, dans l'ensemble, les conclusions de la présente étude confirment les résultats stratigraphiques réunis au cours de ces dernières années [Guyader, 1968; Larsonneur et Rioult, 1969 a,b,c; Larsonneur, 1969] et précisent localement la cartographie sous-marine de la Manche entre le méridien de la Hague et le Pas-de-Calais.

L'analyse pétrographique et micropaléontologique des matériaux carottés au cours de l'été 1969 a permis d'identifier près de 130 nouvelles stations triasiennes et jurassiques, aux coordonnées géographiques précises, dont une centaine en Manche centrale, baie de Seine comprise, et une trentaine en Manche orientale. La microfaune des marnes kimméridgiennes et portlandiennes provenant de la Manche

orientale a été confiée à J. Guyader; sauf précision dans le texte, le reste des prélèvements a été étudié par M. Rioult, qui a coordonné les conclusions. Les nouvelles observations concernant notamment la Manche centrale et la baie de Seine, sont et seront utilisées par Cl. Larsonneur dans ses synthèses géologiques sur la Manche [Cl. Larsonneur, 1971].

En tenant compte des caractères lithologiques et paléontologiques des échantillons de roches carottés sur les fonds de la Manche, cette étude sera divisée en trois parties correspondant à trois domaines paléogéographiques différents :

- la *Manche centrale au Nord du Cotentin*, dont les assises jurassiques présentent des caractères intermédiaires entre ceux des formations contemporaines affleurant sur la côte du Dorset au Nord-Ouest et ceux des dépôts jurassiques de Basse-Normandie au Sud-Est;
- la *Baie de Seine*, entre le Cotentin et l'Estuaire de la Seine, où les terrains du Trias supérieur et du Jurassique montrent les mêmes caractères que ceux du littoral voisin;
- enfin, la *Manche orientale* où les couches du Kimméridgien supérieur et du Portlandien prolongent celles qui constituent les falaises du Boulonnais.

Les successions stratigraphiques seront donc étudiées tour à tour dans chacune de ces trois régions.

1. MANCHE CENTRALE AU NORD DU COTENTIN (fig. 2).

Au Nord du Cotentin, séparés de la côte par un compartiment du socle formé de roches cristallines

1. Quatre stations rapportées au Trias supérieur seront également signalées sans que nous ayons jugé utile de modifier le titre de cette étude.

* Lab. de Géologie du centre de Géologie marine, Univ. de Caen (France - 14).

** Port autonome du Havre (France - 76).

(granite de Barfleur, station 561), sédimentaires (Briovérien, schistes et phyllades de Cherbourg, stations 566, 569, 579, 582) ou métamorphiques (complexe de la Hague, station 1016), les affleurements jurassiques de la Manche centrale se présentent en série monoclinale, à pendage de secteur nord, accidentée de longues failles généralement E-W. En se dirigeant vers le littoral anglais, on peut successivement constater que :

- le Trias supérieur et le Lias inférieur sont relativement mal représentés par rapport aux régions voisines situées à l'Ouest de la Hague et à l'Est de Barfleur;
- le Bajocien est pratiquement absent;
- au-dessus, le faciès marneux du Bathonien est plus développé qu'en Basse-Normandie;
- les carottages dans le Callovo-Oxfordien argileux n'ont jusqu'ici ramené que des échantillons à volume très réduit;
- le passage Oxfordien-Kimméridgien et le Portlandien sont bien caractérisés.

Cette série constitue un véritable trait d'union entre les successions jurassiques des côtes normandes et anglaises [Larsonneur et Rioult, 1969 c].

La structure de la Manche centrale s'est progressivement précisée depuis la carte de L. Dangeard [1928]. Tour à tour, les recherches de W.B.R. King [1949, 1954], D. Curry [1962], Cl. Larsonneur [1965], Cl. Larsonneur et M. Rioult [1969 a, c], R. Dingwall [1969], F. Lapierre, J.-P. Robert et P. Ville [1970 a] ont apporté leur contribution à ce travail de longue haleine. La synthèse des observations stratigraphiques et géophysiques amène à penser que la Manche centrale correspond à une vaste unité synclinale dont les deux flancs sont affectés de failles longitudinales importantes. Ces derniers accidents montrent généralement une direction intermédiaire entre celle des grandes failles connues au voisinage de la côte anglaise, dans Devon et le Dorset, et celle des failles armoricaines qui recoupent le socle ou sa couverture en Basse-Normandie : cette orientation des failles est vraisemblablement liée au rejet d'accidents anciens affectant le socle.

L'étude des carottes de la mission du CNEXO confirme les résultats stratigraphiques et cartographiques obtenus au cours des recherches antérieures.

a) *Trias supérieur - Lias inférieur et moyen.* — Les carottages de cette campagne 1969, tout comme les dragages antérieurs, n'ont pas rencontré les faciès caractéristiques du Trias supérieur, en place, au Nord du Cotentin, et les stations datées du Lias inférieur ou moyen sont très rares.

Le Calcaire de Valognes (Hettangien inférieur, *Torus*) affleurerait au Nord du massif de Barfleur (station 572), entre le socle et la fosse du Cotentin, sous un faciès de calcarénite finement grenue, à débris roulés de Mollusques (Pélécypodes à test recristallisé) et de Foraminifères arénacés, petits quartz non-usés et grains phosphatés, avec quelques spicules d'Eponges.

Au Nord de la Hague, les marnes gris noirâtre, pyriteuses, à débris d'Echinodermes et d'Huitres (station 997), contiennent une microfaune marquant le passage du Sinémurien supérieur au Pliensbachien inférieur dans les Calcaires à Gryphées du Bessin : *Cytherelloidea* cf. *lacertosa* Apost., *Hungarella* sp., petits Ostracodes indét. et *Dentalina pseudocommuni* Terq., *D. tenuistriata* Terq., *Lingulina tenera* Born., *L. pupa* Terq., *Frondicularia pygmaea* Franke, *Lenticulina* sp. La brèche de calcilutite grise pliensbachienne de la station 996, riche en débris d'Echinodermes, Gastéropodes, Huîtres, sections d'Ostracodes et de Nodosariidés, témoigne de la proximité d'un accident tectonique majeur, avec ses fragments anguleux broyés, unis par un réseau de filonnets de calcite claire à clivages marqués. La réduction des affleurements triasiques et liasiques est vraisemblablement liée à la présence de failles E-W.

b) *Lias supérieur.* — Le faciès schistes-carton (paper-shales) brun sombre, finement lité, à rares débris de Pélécypodes et de Végétaux charbonneux, restes phosphatés de Vertébrés, des stations 998 et 1026, caractérise au Nord de la Hague les « Argiles à Poissons » du Toarcien inférieur (*Borealis-Falcifer*).

Le Calcaire à Ammonites du Toarcien supérieur (*Bifrons-Aalense*) affleure à la station 970 : c'est une calcilutite grise à grains phosphatés, avec sections de jeunes Ammonites, de coquilles de *Bositra*, de Gastéropodes, d'Ostracodes et de Foraminifères (Nodosariidés), ainsi que de nombreuses *Schizosphaerella punctulata* Defl. et Dang. Comme dans le faciès précédent, la kaolinite et l'argile micacée dominent le cortège des minéraux argileux [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970].

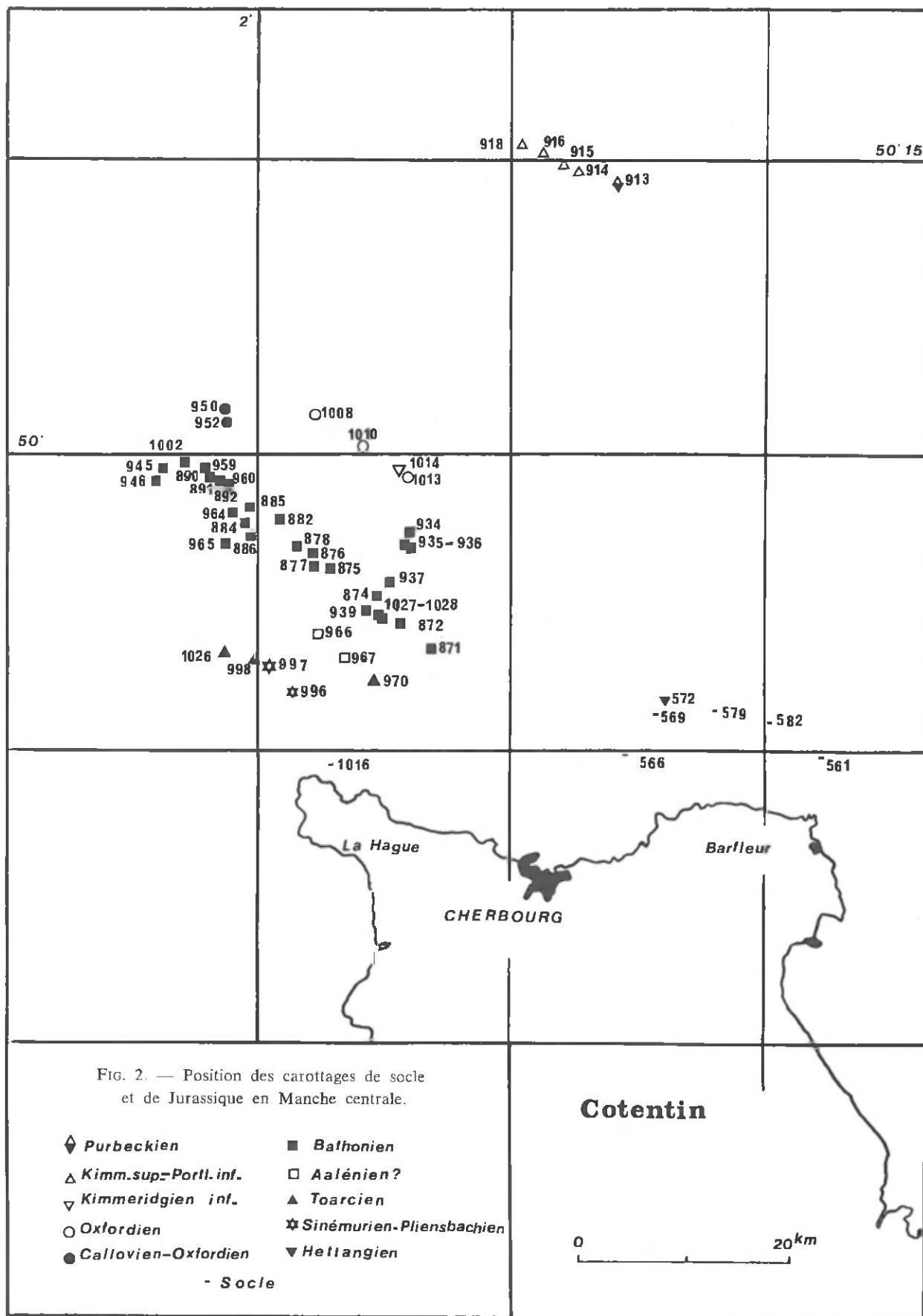


FIG. 2. — Position des carottages de socle et de Jurassique en Manche centrale.

La calcarénite légèrement magnésienne, à grains de quartz abondants et assez bien triés, sections de Crinoïdes, Huîtres, Gastéropodes, Brachiopodes, Serpules, Ostracodes et Foraminifères (Nodosariidés, *Trochammina* sp., *Spirillina* sp.) (station 966) et la calcarénite fine à spicules d'Éponges, débris de Crinoïdes, sections de Foraminifères (*Trochammina*, *Spirillina*) et grumeaux argileux (station 967) ne sont rapportés qu'avec doute à la Malière aalénienne.

c) *Bajocien*. — Aucune trace des formations bajociennes n'a pu être décelée au Nord du Cotentin, bien que les mêmes faciès existent de part et d'autre de la Manche. La maille du réseau de carottages et de dragages est assez lâche pour que leur affleurement puisse passer inaperçu et rien encore ne permet de conclure à leur affaissement entre failles.

d) *Bathonien*. — Les Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien inférieur - Bathonien moyen) jalonnées par de nombreuses stations, affleurent de façon presque continue du Nord de Cherbourg au 50^e parallèle, dessinant une large auréole de l'Est-Sud-Est à l'Ouest-Nord-Ouest, se raccordant aux affleurements de la Manche occidentale comme l'ont récemment montré D. Curry, D. Hamilton et A. J. Smith [1970]. Au Sud-Est, l'auréole se rétrécit et disparaît sous le Crétacé supérieur transgressif.

Les marnes gris pâle ou beiges, plus rarement verdâtres et feuillettées (station 1028), contiennent une fine mouture de débris coquilliers, parmi lesquels on reconnaît le plus souvent :

- de nombreux spicules d'Éponges (Calcisponges, Monactinellides, Tétractinellides, Hexactinellides et Lithistides);

- des fragments squelettiques d'Echinodermes : articles de Crinoïdes (*Isocrinus* sp.), radioles et plaques d'Echinoïdes dont un Cidaridae, crochets et « vertèbres » d'Ophiuroïdes, sclérites d'Holothuroïdes (*Achistrulum*, *Protocaudina*);

- des morceaux de test de Pélécypodes : petits Pectinidae, valves d'Huîtres encroûtées de *Nubeculinella infraoolithica* (Terq.) et de pyrite, *Bositra buchi* (Roemer) abondant.

- des fibres ligneuses et charbonneuses.

La pyrite est fréquente et les remplissages de terriers sont souvent pyriteux. Il existe en outre des passées avec petits grains de quartz, de glauconie ou de phosphate de calcium.

La microfaune est monotone, d'une conservation médiocre, et elle est constituée d'individus de petite taille pour la plupart des espèces d'Ostracodes et de Foraminifères du Bathonien moyen : l'association *Spirillina tenuissima* - *Trochammina hauesleri* - *Paalzowella feifeli*, qui semble étroitement liée au faciès à spicules d'Éponges, est caractéristique du Bathonien de la Manche centrale, mais ce sont les Ostracodes qui donnent les indices stratigraphiques les plus précis. Trois stations contenaient des individus mieux conservés, déterminés par J. Guyader. Les deux premières font partie du groupe méridional : la station 871, la plus proche de la côte, avec ? *Paracypris* sp., *Bairdia* sp., *Monoceratina* cf. *vulsa* (Jones & Sherb.) et la station 939, près de 1027-1028, à l'intersection des deux profils perpendiculaires, avec ? *Bythocypris jaworznkensis* (Blazyk), *Bairdia* sp., *Polycope* sp. La plus importante est la troisième station, 936, située près de 934 le long du profil aboutissant à l'Est de l'île de Wight, plus au Nord que les précédentes et par conséquent plus rapprochée des témoins du Jurassique supérieur, présente l'association de trois espèces, *Oligocythereis fullonica* (Jones & Sherb.), *Praeschuleridea* cf. *caudata* (Donze & Enay) et ? *Ektiphocythere* sp., qui marque le Bathonien supérieur. Il semble donc bien établi que le faciès argileux monte plus haut dans le Bathonien de la Manche centrale que dans celui du Bessin, se rapprochant davantage de la série anglaise du Fuller's Earth (Watton-cliff), d'autant plus que, dans le même temps, les faciès calcaires du Bathonien supérieur de la côte normande et des fonds de la baie de Seine n'ont pas été observés en Manche centrale.

Ces marnes ont été reconnues dans les 17 stations suivantes : 871, 874, 875, 877, 878, 882, 884, 885, 890, 934, 939, 945, 964, 965, 1002, 1027 et 1028. Le tableau II donne une liste récapitulative des Foraminifères rencontrés dans les carottes de la Manche centrale (et de la baie de Seine).

La composition minéralogique de ces marnes est assez homogène [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970] : la montmorillonite domine dans l'ensemble sur la kaolinite-argile micaisée et les interstratifiées chlorite-montmorillonite (stations 874, 875, 934, 939).

Ces marnes alternent avec des bancs indurés de composition analogue (calcilitute de la station 876) ou passent à des bancs de calcarénite finement graine (stations 872, 878, 886 ?, 946, 959, 960) contenant les mêmes éléments squelettiques d'Invertébrés,

TABLEAU II

Liste récapitulative des Foraminifères bathoniens
Manche centrale et baie de Seine (M. RIOULT)

SPECIES	STATIONS	Manche Centrale		Baie de Seine	
		R71 875 882 884 885 888 892 924 936 937 939 964 965 1002 1027 1028 528 540 543 545 550 832 836 837 831 833 834 835 837 526			
<i>Trochammina hauesleri</i> (GALL.)					
<i>Lenticulinaminsteri</i> (ROEMER)					
<i>Lenticulina subalata</i> (REUSS)					
<i>Lenticulina</i> sp.					
<i>Lenticulina tricarinella</i> (REUSS)					
<i>Actacolus</i> sp.					
<i>Planularia beierana</i> (GUMBEL)					
<i>Planularia</i> sp.					
<i>Citharina</i> sp.					
<i>Lingulina</i> cf. <i>laevissima</i> (TERQ.)					
<i>Frondicularia dentaliniformis</i> TERQ.					
<i>Frondicularia nodosaria</i> TERQ.					
<i>Frondicularia</i> sp.					
<i>Nodosaria</i> sp.					
<i>Eoguttulina</i> sp.					
<i>Spirillina tenuissima</i> GUMBEL	● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●				
<i>Spirillina polygyrata</i> GUMBEL					
<i>Spirillina elongata</i> BIEL. & POZ.					
<i>Paalzowella feifeli</i> (PAALZOW)					
<i>Trocholina conica</i> (SCHLUMB.)					
<i>Trocholina</i> sp.					
<i>Epistomina</i> sp.					
<i>Spirophthalmidium concentricum</i> (T. & B.)					
<i>Mubecculinella infracolithica</i> (TERQ.)					

mélangés à des grumeaux argileux (pellets) et, localement, à des grains de quartz. Ces calcaires bioturbés sont comparativement plus fins que les « pierres de taille » du Bathonien moyen de la baie de Seine et du Bessin, mais on y retrouve les mêmes sections de Foraminifères, présents dans les marnes : *Trochammina*, *Lenticulina*, *Spirillina*, *Paalzowella* et *Spirophthalmidium*.

Aucun calcaire du Bathonien supérieur n'a été trouvé en Manche centrale au cours de cette mission. L'intervalle qui sépare les marnes du Bathonien supérieur (936) des marnes du passage Oxfordien supérieur (1013) - Kimméridgien inférieur (1014) est relativement assez réduit pour qu'on invoque, là encore, l'intervention d'accidents tectoniques entre les deux affleurements.

e) *Callovien-Oxfordien*. — Au Nord-Nord-Ouest de la Hague, à quelque distance du 50° parallèle et

du méridien 2° W, deux stations, 950 et 952, jalonnent le passage du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur, mais les matériaux argileux sont malheureusement trop peu abondants : ce sont des marnes grises, à débris d'huîtres, de lignite, restes de Vertébrés (écailles de Poissons, tissus osseux), riches en globules et baguettes de pyrite. Les Ostracodes manquent et les Foraminifères sont pour la plupart, à l'état de moules internes pyriteux : *Lenticulina* sp., *Planularia* sp., *Eoguttulina* sp., *Epistomina* sp. dont l'association et le mode de fossilisation rappellent ceux du passage Callovien-Oxfordien (couche du Mauvais Pas - Marnes de Dives - base des Marnes de Villers).

Toujours au Nord du 50° parallèle, mais plus à l'Est, un niveau encore indéterminé de l'Oxfordien est représenté par la station 1008. Là, une marne

gris clair, à débris d'Huîtres, nombreux restes d'Echinodermes (Crinoïdes, Ophiuroïdes, Astéroïdes, Echi-noïdes, Holothuroïdes) et petits Gastéropodes pyriteux renferme une microfaune caractéristique : *Lophocythere* sp., seul Ostracode, et les Foraminifères, *Lenticulina polonica* (Wisn.), *L. subalata* (Reuss), *L. munsteri* (Roemer), *Planularia* sp., *Frondicularia franconica* Gumbel, *Flabellinella nikitini* (Uhlig), *Eoguttulina* sp., *Dentalina* sp.

Enfin, les marnes de Villerville de l'Oxfordien supérieur, sont présentes aux stations 1010 et 1013, de part et d'autre du 50^e parallèle et de la station 1014 rapportée au Kimméridgien. Ces marnes gris clair, à petits tests jaunâtres ou rosés, nacrés, de Pélécypodes (*Nicanella* sp.), de Gastéropodes (*Procerithium* sp.), sclérites d'Holothuries (*Achistrulum monochordata* (H. H. & L.), *Priscopedatus* sp.) et grains phosphatés, contiennent une riche microfaune. Les Ostracodes, *Galliaecytheridea postrolianda* Oertli, *Macrodentina* sp., *Vernoniella* sp., accompagnent les Foraminifères, *Epistomina parastelligera* (Hofker) nombreux, *Lenticulina* sp., *Planularia* sp., *Eoguttulina* sp., *Spirillina polygyrata* Gumbel et Sp. *tenuissima* Gumbel. La composition et la fossilisation de cette faune, ainsi que la position relative des deux stations, indiquent le toit de la formation (*Pseudocordata*). La montmorillonite, dominant l'argile micacée et la kaolinite, puis la chlorite, donnent à la composition minéralogique de ces marnes, un cachet voisin de celui des marnes kimméridgiennes voisines.

f) *Kimméridgien-Portlandien*. — Dans la carotte 1014, mentionnée ci-dessus, près du 50^e parallèle, une calcilutite à débris d'Huîtres et de Crinoïdes, avec pyrite, alterne avec une marne grise à débris de Pélécypodes divers (dont les Exogyres), des fragments d'Echinodermes (Crinoïdes, Astéroïdes, Echi-noïdes), de Brachiopodes (Zeilleriidae) et de Gastéropodes, petites oolithes à enveloppes argilo-pyriteuses. Le calcaire est recoupé de filonnets de calcite, parallèles entre eux, indiquant le voisinage d'un accident tectonique. La microfaune est caractéristique du Kimméridgien inférieur (*Baylei*) : parmi les Ostracodes, *Paracypris* sp., *Polydentina pulchra gallica* (Glashoff), *Schuleridea triebeli* Steghaus, *Lophocythere* sp., *Protocythere rodewaldensis* Klinger, *Pleurocythere* sp.; *Lenticulina* sp., *Vaginulina flabellata* (Gumbel), *Eoguttulina metensis* (Terq.), *Nubeculinella* sp. au nombre des Foraminifères. L'analyse minéralogique [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970]

révèle une composition voisine de celle des couches oxfordiennes immédiatement sous-jacente, avec par ordre décroissant en importance, la montmorillonite, la kaolinite et l'argile micacée-chlorite.

A plus de 30 km au Nord, près du parallèle 50°15' et au voisinage du méridien de Cherbourg, des schistes-carton (paper-shales) brun sombre, à fins débris végétaux, valves de Pélécypodes et d'Ostracodes plus ou moins écrasées, parfois lumachelles de tests blancs ou rosés, fragiles, farineux, ou d'Huîtres (Exogyres) enduites de pyrite, montrent un fin litage où alternent régulièrement dans certaines plages les films terrigènes et organiques. La faune rencontrée dans ces argiles feuilletées (stations 914, 915, 916, 918) était réduite à une espèce indéterminée de *Protocardia* et à des individus de *Lenticulina* sp. de très petite taille. Dans ce faciès particulier, la kaolinite et l'argile micacée sont plus importantes que les interstratifiés et la chlorite [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970]. Grâce aux dragages précédemment effectués dans cette région, au Nord du synclinal de Crétacé supérieur, contenant de l'Eocène inférieur dans son cœur [Curry, 1962], il est possible d'attribuer ces schistes-carton au passage Kimméridgien supérieur (*Eudoxus*) - Portlandien inférieur (*Subplanites* sp.) et de rappeler à ce propos, les affinités étroites de ce faciès avec les shales de l'Upper Kimmeridge clay (M. Rioult in Cl. Larsonneur [1965]), faciès qui, jusqu'à présent, reste inconnu dans les coupes du Kimméridgien supérieur et du Portlandien inférieur de Normandie.

Enfin, l'argile gris rosé, colloïdale, à fibres ligniteuses éparses et mouches pyriteuses, trouvée dans la station 913, avec ses grandes valves aplatis de *Cypridea* sp., un petit moule de Gastéropode lisse, des débris de tiges et des gyrogonites de Characées déformées du type *Clavator*, se rattache au faciès purbeckien, des Middle Purbeck beds du Dorset, comme les calcaires silicifiés déjà signalés dans les parages [Larsonneur et Rioult, 1969 c]. La montmorillonite est plus abondante que l'argile micacée dans ce faciès [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970].

Conclusions sur la Manche centrale.

Il est intéressant de constater que les faciès rencontrés dans cette campagne de carottages complètent en les confirmant les observations antérieures rieures et contribuent à l'interprétation de la

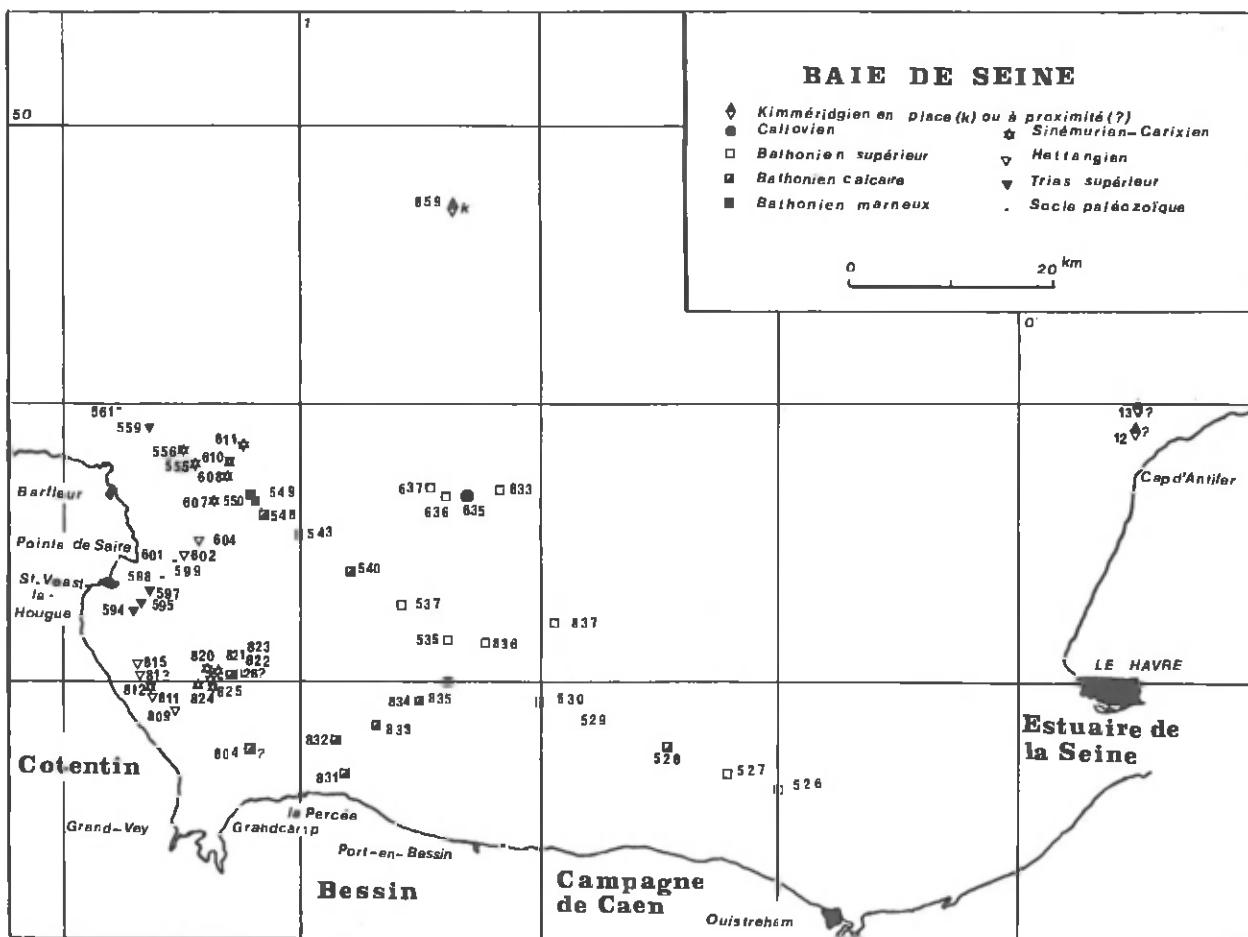


FIG. 3. — Position des carottages de socle, de Trias et de Jurassique en Baie de Seine.

Manche centrale, essentiellement entre les méridiens $1^{\circ} 20'$ et 2° W. Plus à l'Est, les jalons sont beaucoup plus rares; on peut toutefois signaler la station 859 où une calcilutite grise, pyriteuse, peu fossilière, avec rares sections de Crinoïdes, de tests de Pélécypodes, de Foraminifères et débris de lignite, nettement diaclasée, indiquerait à la fois l'existence du Jurassique supérieur et le voisinage d'un accident tectonique, un peu au Sud du 50^e parallèle, sur le méridien de Port-en-Bessin, c'est-à-dire loin vers l'Est des précédents affleurements.

Les nouvelles stations de Bathonien et de Kimméridgien supérieur - Portlandien inférieur mettent de nouveau en évidence les traits communs existant entre la série jurassique de la Manche centrale et celle du Sud-Ouest de l'Angleterre.

2. BAIE DE SEINE (fig. 3).

Les terrains triasiques et jurassiques, qui s'ordonnent en série monoclinale à pendage nord-est à est-nord-est, depuis le Cotentin jusqu'à la région havraise, se prolongent normalement en baie de Seine, avec un faciès identique à celui des formations contemporaines connues sur la côte normande [Larsonneur et Rioult, 1969 a, b]. Les Calcaires à Gryphées (Sinémurien-Carixien) et l'alternance caillasses-pierres de taille du Bathonien, occupent de vastes surfaces respectivement à l'Ouest et au centre de la baie de Seine. Les couches du Jurassique supérieur sont généralement recouvertes d'un épais manteau de dépôts meubles vers l'Est, aux abords de l'estuaire de la Seine [Guyader, 1968], et par conséquent, elles

ne sont atteintes qu'en un très petit nombre de carottages spéciaux.

La structure de cette région paraît relativement simple. La série des calcaires bathoniens serait affectée, comme dans la campagne de Caen, de failles à faible rejet, de direction armoricaine, et d'amples ondulations liées à des réajustements de la couverture secondaire sur le socle paléozoïque, et en particulier, sur les reliefs de la pénéplaine post-hercynienne. A l'Ouest, la faille des Veys, qui met en contact le Sinémurien inférieur du Grand-Vey avec le Bathonien moyen de Grandcamp, amène un rejet d'une centaine de mètres; elle se prolonge vers le Nord, en direction des îles Saint-Marcouf, constituées par un pointement de Grès armoricain. Plus au Nord, les Calcaires à Gryphées arrivent presque au contact des Marnes de Port-en-Bessin, et il semble difficile d'intercaler la série des calcaires domériens-toarciens-aaléniens et bajociens entre les stations les plus rapprochées. Une faille ou plutôt une série d'accidents en relai, passant par la baie des Veys, à proximité des îles Saint-Marcouf et, de là, vers un point situé à une douzaine de kilomètres à l'Est de Barfleur, doit séparer un compartiment liasique à l'Ouest, d'un compartiment affaissé, bathonien, à l'Est. Des failles N-S et E-W existent d'ailleurs dans les rochers littoraux tout proches, entre Barfleur et le Grand-Vey [Ch. Pareyn et G. Royant, 1965; Rioult, 1968].

Les conclusions stratigraphiques antérieures sont confirmées par l'étude des matériaux de la campagne 1969 et les nouvelles stations, par leur localisation précise, complètent les données sur la cartographie sous-marine et la structure de la baie de Seine.

a) *Trias supérieur*. — Au large de la pointe de Saire, les formations du Trias supérieur reposent en discordance sur la bordure orientale immergée du massif granitique de Barfleur, carrottée aux stations 598, 599, 601.

Les trois unités lithostratigraphiques du Trias supérieur [Rioult et Gautsch, 1967] de Basse-Normandie ont été retrouvées. L'argilite bariolée à passées pélitiques, silicifiée et barytinifère, représente le faciès basal des « couches de Neuilly-la-Forêt » (station 594), à la partie inférieure des dépôts continentaux triasiques. Les grès grossiers, arkosiques, microconglomératiques, à ciment silicifié et barytinifère de la station 595, appartiennent aux « conglomérats et arkoses du Val-de-Saire », c'est-à-dire à la formation détritique, localement consolidée, équivalant à la

partie supérieure des « couches de Neuilly-la-Forêt » et aux « couches d'Eroudeville ». Il en est vraisemblablement de même pour le grès oxydé de la station 597. Enfin, l'argile finement litée, franchement versicolore, gris-vert-brun-rouge, avec grains de quartz non usés, rencontrée au Nord-Nord-Est de Barfleur, à la limite du domaine précédent, station 559, est attribuée aux « couches d'Airel » (Rhétien).

b) *Hettangien*. — Seul, le Calcaire de Valognes (Hettangien inférieur, *Torus*) a été identifié au large de la côte orientale du Cotentin (stations 809, 811, 813, 815), dans le prolongement des affleurements connus sur le littoral (rochers de Quinéville à Rennoville [Rioult, 1968] et d'autre part, au pourtour du massif granitique de Barfleur, plus au Nord (stations 602, 604). C'est une calcarénite gréseuse, à débris de Pélécypodes plus ou moins recristallisés (*Cardinia*, *Chlamys*, *Huîtres*), de petits Gastéropodes lisses ou costés, de Crinoïdes et d'Echinoïdes, d'Ostracodes, avec rares tests de Foraminifères arénacés, restes d'Algues calcaires et de Vertébrés. Les grains de quartz non-usés sont généralement bien classés; des grumeaux argileux et des grains de glauconie sont dispersés; quelques oolithes calcaires sont remaniées. La matrice argileuse est le plus souvent absente et un ciment de calcite microcristalline claire unit les grains. Localement, une marne sableuse grise alterne avec la calcarénite (station 811), qui peut être fortement diaclasée (station 813) ou partiellement silicifiée, près du granite (station 604).

c) *Sinemurien-Pliensbachien*. — Les Calcaires à Gryphées (*Bucklandi - Ibex*) affleurent largement devant Barfleur et autour des îles Saint-Marcouf.

Le premier groupe de stations (555, 556, 607, 608, 610, 611) à l'Est-Nord-Est du Cotentin, comporte des calcilitutes gris pâle, parfois à texture grumeuse, alternant avec des marnes souvent plus riches en lignite, en pyrite et par conséquent plus sombres. On y observe essentiellement : des fragments de Pélécypodes (*Liogryphaea*, *Plagiostoma*, *Chlamys*, *Entolium*, *Oxytoma*), de Crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus* (Miller)), « vertèbres » d'Ophiuroïdes, radioles d'Oursons, rares tronçons de Bélemnites (station 607) ou coquilles de jeunes Rhynchonelles écrasées (station 610), débris de lignite. La microfaune est relativement peu abondante, représentée par des petites formes mal conservées. Les Foraminifères comprennent surtout des Nodosariidae (*Lenticulina* sp., *Marginulina inaequistriata* Terq. de 611, *Lingulina* sp.),

quelques rares *Involutina* sp. et *Ophthalmidium* sp. (610, 611). Parmi les Ostracodes déterminables, il faut noter *Hungarella lenticulata* Viaud et *H. infraliasica* Viaud identifiées par P. Andreieff (B.R.G.M., Orléans - La Source) dans la marne de 555 et trouvées également dans celles de 610 et 611, en compagnie de *Bairdia* sp. (611) et de *Cytherelloidea* sp. (556). Cet affleurement appartient au Sinémurien inférieur en grande partie.

La station 812, intercalée entre les affleurements de Calcaire de Valognes (Hettangien) des stations 811 et 813 contenant une faune comparable, correspond à un ensellement du Jurassique inférieur comme on en connaît déjà dans les rochers littoraux.

Un faciès plus récent des Calcaires à Gryphées, moins marneux et plus coquillier, contenant spécialement des petits Gastéropodes plus fréquents et moins de Plagiostomes et de Crinoïdes, fait transition vers les couches plus franchement calcaires du Carriéen (stations 820, 823, 824, 825) au pourtour des îles Saint-Marcouf. L'apparition de *Verneuilinoides* cf. *mauritii* Terq au milieu d'une faune variée de Nodosariidae pourrait être un indice du Pliénbachien inférieur dans la station 821 comme dans le Bessin [Rioult et Bizon, 1961]. Il est important de remarquer que le pointement de quartzite blanc ordovicien de Saint-Marcouf, carotté à la station 822, est entouré de Calcaires à Gryphées; la station 826 n'ayant pas donné lieu à une datation certaine, le calcaire n'étant peut-être pas en place, il est difficile de localiser le passage de la faille des Veys. D'après les dragages antérieurs, cet accident ne doit pas être éloigné. La remontée du socle paléozoïque par rapport aux couches liasiques qui l'entourent est du même ordre que le rejet de la faille des Veys, mais en sens inverse.

d) *Toarcien, Aalénien, Bajocien*. — Aucune formation caractéristique de ces trois étages n'a été rencontrée dans le fond de la Baie de Seine. La maille du réseau de prélèvements est, là encore, assez lâche pour que des calcaires ou des marnes, appartenant à l'un ou l'autre de ces étages, ne soient pas carottés. Mais jamais le Toarcien n'a été recueilli en place dans l'Ouest de la baie, bien qu'on en ait trouvé quelques galets. L'Aalénien et le Bajocien ne sont pas repérés.

e) *Bathonien*. — Sans aucun doute, ce sont les formations bathoniennes qui occupent la plus grande

superficie des affleurements rocheux de la Baie de Seine [Lasonneur et Rioult, 1969 b]. Les divers faciès continuent au Nord ceux qui sont connus sur les côtes du Bessin et de la Campagne de Caen. La partie moyenne des calcaires bathoniens est la mieux représentée.

A la base de la série, les marnes et calcaires argileux ou finement grenus des « Marnes de Port-en-Bessin », groupés au large de Barfleur (stations 543, 549, 550) contiennent des fragments de Pélécypodes (Pectinidae, *Bositra buchi* (Roemer), de Crinoïdes, des spicules d'Éponges, quelques Ostracodes et Foraminifères (La liste de ces derniers est donnée dans le Tableau II). Il existe de nombreuses formes communes aux marnes bathoniennes de la Manche centrale, de la Baie de Seine et du Bessin, mais dans ces deux dernières régions, le faciès calcaire des « Pierres de Taille » (« couches de Verville », « couches de Cricqueville » et « couches de Maisy ») commence plus tôt, dans la zone à *Progracilis*. Dans l'état actuel de nos connaissances rien ne permet de penser que l'affleurement des Marnes de Port-en-Bessin du Nord-Ouest de la Baie de Seine se prolonge au Sud du parallèle de Saint-Vaast-la-Hougue, des sédiments meubles couvrant souvent les fonds de roches.

Des carottes de calcarénites finement grenues, formées de débris roulés de Pélécypodes (Pectinidae, Huîtres), de Crinoïdes, de Bryozoaires, de Brachipodes, de valves d'Ostracodes et de spicules d'Éponges, avec fréquentes sections de *Trochammina hauesleri* (Gall.) et de *Paalzowella feifeli* (Paalzow) jalonnent l'affleurement des calcaires du Bathonien moyen, exploités à terre comme pierres de construction; ces stations se cantonnent au large du Bessin (530, 832, 833, 834). Ces affinités avec la côte proche se confirment encore dans les stations 540 au large, et 831 près du Raz de la Percée, où le faciès devient franchement spongolithique, silicifié comme dans certains échantillons du « Grès du Planet », cantonné au sommet des falaises du Bessin. A ce propos, il n'est pas sans intérêt de noter que des grès pâles, non fossilifères, rapportés au Jurassique moyen, en Manche occidentale, viennent d'être signalés par D. Curry, D. Hamilton et A.J. Smith [1970] entre le Cotentin et le Devon.

Entre les pierres de taille du Bathonien moyen et les calcarénites fossilifères du Bathonien supérieur, la station 528, avec son cachet particulier, rappelle la

« caillasse » de Reviers et de Graye-sur-Mer, déjà rencontrée auparavant : calcarénite gris beige, à matrice argileuse abondante, plages de ciment calcitique microcristallin, riche en gros articles de Crinoïdes, Bryozoaires, Brachiopodes *Digonella* sp., *Flabellothyris flabelatum* (Defr.), Mollusques, alternant avec une marne jaunâtre à Nodosariidae divers sans grande signification stratigraphique, mais parmi lesquels apparaît *Lenticulina tricarinella* (Reuss), en même temps que *Trocholina conica* (Schlumb.); *Bairdia* sp. et *Cytherelloidea cf. catenulata* (Jones & Sherb.) sont présents. Cette microfaune indique le toit du Bathonien moyen.

La Pierre blanche de Langrune termine la série côtière de calcaires bathoniens normands. Avec les passées des caillasses sur lesquelles elle repose, cette formation typique dessine une auréole depuis la côte du Calvados (station 526, 527, 529, 835, 836, 837) jusqu'aux affleurements situés autour de l'intersection du méridien de Port-en-Bessin et du parallèle de Barfleur (stations 633, 636, 637), où elle s'envoie sous le Callovien argileux. Calcarénite ou calcirudite blanchâtre, pétrie de Bryozoaires, de Crinoïdes (*Isocrinus nicoleti* (Desor)), radioles d'Oursins, débris de Mollusques (y compris des petites coquilles de Pélécypodes et de Gastéropodes conservées entières), de Brachiopodes, de Polypiers et de Serpules, rares Foraminifères roulés et Ostracodes mêlés à des oolithes et à des gravelles ou grumeaux argileux remaniés. Une matrice argileuse peut exister au voisinage des caillasses, mais le ciment est plus souvent une mosaïque de calcite claire spathique. Il existe un granoclassement des éléments bioclastiques lié aux différents feuillets de la stratification oblique. Les marnes des caillasses contiennent un plus grand nombre de Foraminifères et d'Ostracodes (Tableau II). À la limite inférieure de la Pierre de Langrune, se trouve un épisode plus grossier, avec pisolithes dépassant le centimètre, encroûtés de Bryozoaires, de Serpules, de *Nubeculinella infraoolithica* (Terq.) et d'Algues du groupe des Girvanelles : ce faciès est celui des stations 636 et 637.

Ainsi, les principales formations bathoniennes ont été mises en évidence.

f) *Callovien*. — L'affleurement de Callovien inférieur, signalé dans les récents dragages, est localisé avec précision par la carotte 635. La marne grise à rares petits grains de quartz, moules internes de Gastéropodes et tubulures épigénisées en pyrite, débris

de Pélécypodes et restes de Poissons (écailles, tissus osseux), contient en outre quelques Foraminifères, *Lenticulina polonica* (Wisn.), *Flabellinella* sp. et *Epistomina* sp., mais pas d'Ostracodes déterminables.

Vers le Nord, le Jurassique s'envoie sous le Crétacé transgressif, et vers l'Est, une couverture de sédiments meubles, relativement épaisse, masque les formations du Jurassique supérieur en direction de l'estuaire de la Seine.

Conclusions sur la Baie de Seine.

Plusieurs précisions importantes concernant la Baie de Seine sont apportées par l'étude des carottages.

Les minéralisations en silice et en barytine connues dans les formations du Trias supérieur au Nord-Est du Cotentin, ont encore une fois été observées sur la bordure orientale immergée du massif granitique de Barfleur.

Les calcaires à Gryphées (Sinémurien-Carixien) viennent buter vraisemblablement contre les Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien inférieur-Bathonien moyen) à l'Est de Barfleur.

Le pointement de Grès armoricain des îles Saint-Marcouf est entouré par les Calcaires à Gryphées et un petit ensellement du Sinémurien est décelé au large de Quinéville.

Les couches du Toarcien, de l'Aalénien et du Bajocien n'ont pas été repérées.

La répartition des calcaires bathoniens est confirmée : Marnes de Port-en-Bessin, entourées de calcaires du Bathonien moyen au large du Bessin, à l'Ouest de la baie, et auréole de calcaires fossilifères du Bathonien supérieur au large de la Campagne de Caen, avec témoin de Callovien argileux sur le méridien de Port-en-Bessin, en bordure de la Manche centrale.

On remarquera enfin que la limite septentrionale des affleurements jurassiques correspond grossièrement à la limite de la Baie de Seine allant de la pointe de Barfleur au cap d'Antifer.

3. MANCHE ORIENTALE (fig. 4).

Malgré de nombreux documents géologiques accumulés depuis plus d'un siècle, la nature et la répartition des formations jurassiques constituant

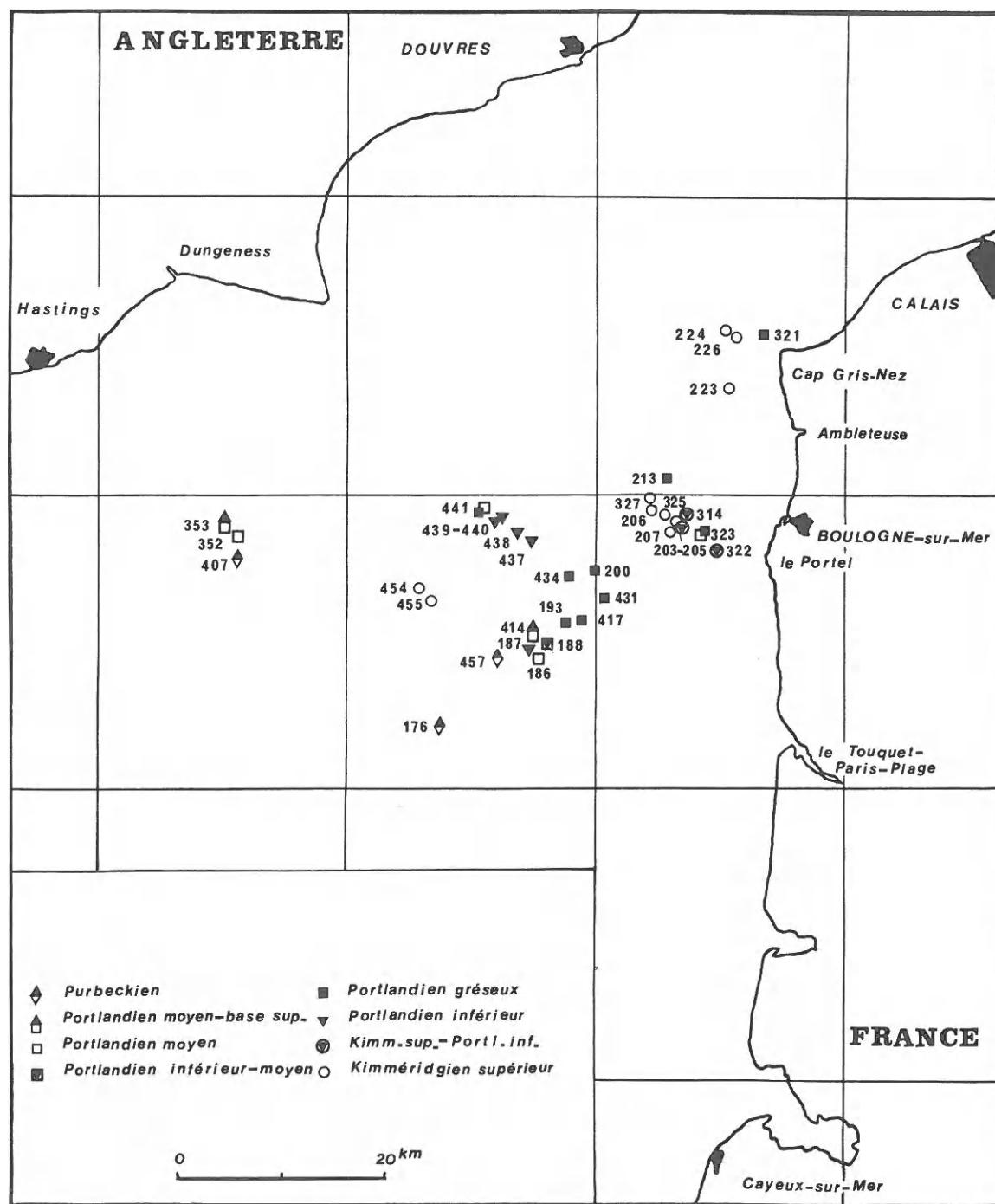


FIG. 4. — Position des carottages de Jurassique supérieur en Manche orientale.

les fonds de la Manche orientale n'étaient pas connues avec précision.

Après les travaux du pionnier H.M. Brunel [Donovan, 1967], la cartographie sous-marine des fonds du Pas-de-Calais fit de sensibles progrès à la fin du XIX^e siècle [Hallez, 1889]. Plus tard, des calcaires marneux fossilifères et des calcaires gréseux, rapportés au Portlandien, ont été dragués à quelques milles à l'Ouest-Sud-Ouest et au Nord-Ouest de Boulogne-sur-Mer par L. Dangeard [1928]. Depuis 1945, Français et Anglais ont effectué de nombreux carottages et profils sismiques, en particulier dans le cadre des reconnaissances géologiques pour le tunnel sous la Manche, mais les publications concernant ces recherches n'ont guère donné de détails pétrographiques et paléontologiques, même la remarquable étude de W.B.R. King [1949]. Une mise au point récente [Donovan, 1968] propose néanmoins une vue d'ensemble sur la configuration des affleurements jurassiques.

Au cours de la mission du CNEXO, les carottages étaillonnant les profils sismiques, ont permis de mettre en évidence une succession stratigraphique allant du Kimméridgien supérieur au Portlandien supérieur inclus. Ces prélèvements de roches en place jalonnent un large affleurement, de contour grossièrement triangulaire, pointant vers l'Angleterre et en continuité avec les falaises du Boulonnais, entre le Cap Gris-Nez au Nord, le voisinage du méridien 0°50'E sur le parallèle de Boulogne à l'Ouest, et la région du Touquet - Paris - Plage au Sud. La structure des affleurements sous-marins prolonge en effet celle du bombardement anticinal du Boulonnais jusque dans l'axe de la Manche orientale. Par contre, les formations jurassiques n'affleurent pas dans l'alignement de la boutonnière du Pays de Bray [Lapierre, Robert et Ville, 1970 b].

Les faciès jurassiques rencontrés peuvent être regroupés en trois ensembles distincts :

- les *marnes*, alternant avec des petits bancs de calcaires argilo-gréseux, contenant des microfaunes de Foraminifères et d'Ostracodes caractéristiques de différents niveaux s'échelonnant du Kimméridgien supérieur au Portlandien terminal;
- les *grès*, glauconieux, à ciment calcaire, rapportés au Portlandien inférieur;
- les *calcaires*, argileux, grumeleux, dont le faciès est connu dans les formations purbeckiennes du Boulonnais et du Dorset.

A — Les marnes du Jurassique supérieur.

Les marnes, généralement pyriteuses, localement feuilletées, tantôt sombres (bleues ou noires), tantôt claires (grises ou ocre), contiennent des passées sableuses, des petits bancs gréso-calcaires ou gréso-argileux et des lumachelles d'Exogyres. D'ordinaire, elles renferment de riches microfaunes de Foraminifères et d'Ostracodes qui ont servi à la datation relative de six niveaux du Jurassique supérieur. La composition détaillée de la microfaune est résumée pour chaque station fossilifère dans le Tableau III. Des petites dents de Reptiles, dents, écailles ou ossements de Poissons, plaques et radioles d'Echinoides, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes, fragments de tests de Mollusques, débris de lignite, s'y trouvent également.

Les minéraux argileux sont essentiellement représentés par le couple kaolinite-argile micacée, dominant la montmorillonite, la vermiculite associée ou non à un interstratifié mica-montmorillonite, ou encore, à la chlorite [Estéoule et Estéoule-Choux, 1970] le tout en proportions variables d'un échantillon à l'autre.

a) *Kimméridgien supérieur*. — Ces marnes, plutôt claires, sableuses et pyriteuses, sont souvent riches en Exogyres et alternent avec des calcaires gréseux ou argileux.

Trois groupes de stations ont été rapportés au Kimméridgien supérieur :

— le premier, au large du Cap Gris-Nez constitue le groupe jurassique le plus septentrional de la campagne. Les marnes grises de la station 223 accompagnent un calcaire argileux et gréseux, à écailles de Poissons, grains de glauconie et de phosphate, parsemé de cristaux de pyrite. Celles de la station 224 sont associées à une lumachelle d'Exogyres, dans laquelle les valves d'Huître empilées et noircies, sont parfois perforées par des Cryptogames ou écrasées par compaction; la calcite spathique qui les cimente, contient de la pyrite;

— le second groupe, le plus important, se trouve au large de Boulogne. Les marnes ocre ou grises, analogues à celles de la station 203, sont interstratifiées avec des calcaires argileux dans la station 206, tandis que celles de la station 207 montrent des intercalations de calcaires gréseux, pyriteux, coquilliers riches en Exogyres. Dans la station 325, elles sont plus sableuses, avec des dents et tissus osseux

TABLEAU III

Liste récapitulative des Foraminifères et Ostracodes
Manche orientale (d'après J. GUYADER)

ESPECES	STATIONS	Kimm.supér.	K-P	P.int.	Pim.	P.moyen	R.m.s.
		203 221 224 225 327 455 206	23 167 440 188	166 323 352 441	166 323 352 441	166 323 352 441	353
FORAMINIFERES							
<i>Lagenammina diffluiformis</i> (BRADY)							
<i>Reophax</i> sp.							
<i>Everticyclammina virguliana</i> (KOECHLIN)							
<i>Everticyclammina</i> cf. <i>virguliana</i> (KOECHLIN)							
<i>Ammobaculites coprolithiformis</i> (SCHWAGER)							
<i>Ammobaculites subaequalis</i> MJATLIUK							
<i>Ammobaculites</i> sp.							
<i>Triplasia Rimeridensis</i> (BIEL. & POZ.)							
<i>Trochammina</i> sp.							
<i>Lenticulina münsteri</i> (ROEMER)							
<i>Lenticulina</i> cf. <i>münsteri</i> (ROEMER)							
<i>Lenticulina</i> cf. <i>polygonata</i> FRANKE							
<i>Lenticulina</i> cf. <i>subalata</i> (REUSS)							
<i>Lenticulina uralica</i> (MJATLIUK)							
<i>Lenticulina russiensis</i> (MJATLIUK)							
<i>Lenticulina</i> sp.							
<i>Saracenaria vistaiae elongata</i> (BIEL. & POZ.)							
<i>Saracenaria alata-angularis</i> FRANKE							
<i>Marginulina</i> cf. <i>pyramidalis</i> (KOH)							
<i>Marginulina resuminata</i> SCHWAGER							
<i>Marginulina embaensis</i> (FURS. & POL.)							
<i>Marginulina</i> cf. <i>costata</i> (BATSCH)							
<i>Marginulina</i> sp.							
<i>Vaginulina flabellata</i> GUMBEL							
<i>Vaginulina flabelloides</i> TERQ.							
<i>Vaginulina rariostata</i> FURS. & POL.							
<i>Vaginulina</i> sp.							
<i>Dentalina</i> sp.							
<i>Nodularia</i> sp.							
<i>Eoguttulina</i> sp.							
<i>Tristix suprajurassica</i> (PAALZOW)							
<i>Tristix alcima</i> LOEB. & TAPP.							
<i>Spirillina tenuissima</i> GUMBEL							
<i>Trocholina nodulosa</i> SEIBOLD							
<i>Trocholina</i> sp.							
OSTRACODES							
<i>Paracypris problematica</i> KILENYI							
<i>Paracypris</i> sp.							
<i>Macrodentina rufa</i> MALZ							
<i>Macrodentina</i> cf. <i>rufa</i> MALZ							
<i>Macrodentina wickeri</i> MALZ							
<i>Macrodentina ornata</i> (KLINGER)							
<i>Macrodentina</i> cf. <i>punctatula</i> MALZ							
<i>Macrodentina</i> sp.							
<i>Schuleridea triebeli oblonga</i> DOMKE							
<i>Galliaecytheridea postrotunda</i> OERTLI							
<i>Galliaecytheridea spinosa</i> KILENYI							
<i>Galliaecytheridea</i> sp.							
<i>Dicryorygia</i> (<i>Orthorygma</i>) <i>kimmeridgensis</i> (KILENYI)							
<i>Cytheropteron bispinosum crassum</i> SCHMIDT							
<i>Metacytheropteron elegans</i> OERTLI							
<i>Orthocythere interrupta</i> TRIEBEL							
<i>Orthocythere austulata</i> KILENYI							
<i>Protocythere serpentina</i> (ANDERSON)							
<i>Protocythere</i> sp.							
<i>Tyracytheridea</i> sp.							
<i>Hectocythere ruvosa</i> MALZ							
Ostracodes indéts.							

de Poissons, articles d'Ophiuroïdes, débris de lignite et plaquettes gréso-pyritleuses à Exogyres. Enfin, à la station 327, les marnes bleues feuillettées, sableuses (grains de quartz et de grès) sont pétries d'Exogyres;

— le troisième groupe se situe dans l'axe de la Manche, sensiblement à égale distance de Dungeness et de Boulogne. Le carottage 455 n'a ramené qu'une petite quantité de marnes grises, légèrement sableuses, avec une microfaune peu abondante. Les marnes gris verdâtre, sablonneuses, faiblement micacées, avec débris d'Huîtres, de Crinoïdes et rares valves écrasées d'Ostracodes, de la station 454, sont rapportées avec doute à la partie supérieure du Kimméridgien.

b) Kimméridgien supérieur-Portlandien inférieur²

— Le contenu paléontologique de ces trois stations ne permet pas de préciser davantage leur position stratigraphique. Des calcaires gréseux coquilliers ont été rencontrés dans les marnes sableuses de la station 205. La lumachelle d'Exogyres de la station 322, plus proche de la côte du Boulonnais est dépourvue de microfaune; les Huîtres appartiennent à la lignée d'*Exogryra virgula* Defr., d'après les caractères externes et internes des valves. Au Sud-Ouest de Boulogne, les marnes sableuses à Exogyres et bancs de grès pyriteux coquillier de la station 423 sont peu fossilières.

c) Portlandien inférieur. — Trois stations au voisinage de l'axe de la Manche orientale sont datées du Portlandien inférieur. Ce sont les marnes à Exogyres et le calcaire gréseux, bioclastique, du carottage 187, les marnes grises à débris de grès calcaire du carottage 437 et les marnes compactes à nodules de grès pyriteux, débris d'Exogyres et de Gastéropodes, « vertèbres » d'Ophiuroïdes, du carottage 440.

Le calcaire argileux et gréseux, à fins débris de lignite et de quartz non-usés, rares fragments de Pélécyptodes, cristaux de pyrite et ciment de calcite microcristalline, rencontré dans la station 439, à proximité des marnes grises compactes, à débris de lignite, fragments de Crinoïdes et rares *Lenticulina*

sp. encroûtées de la station 438, pourrait être placé au voisinage de ce groupe ou du précédent.

d) Portlandien inférieur - Portlandien moyen. — En dépit d'une riche microfaune, l'âge des marnes sableuses à Exogyres, radicles d'Oursins, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes de la station 188, n'a pu être déterminé avec plus de précision.

e) Portlandien moyen. — Compte tenu de leur dispersion, il est difficile d'établir des corrélations entre les quatre stations rapportées au Portlandien moyen.

La première (323), dont les marnes sableuses alternent avec un grès glauconieux, à grains de quartz corrodés, mal classés, débris roulés de grès, d'Huîtres et d'Echinodermes dans un ciment de calcite spathique en grandes plages monocristallines, n'est distante que de quelques milles de Boulogne. Dans les deux suivantes, placées plus près de l'axe de la Manche, le carottier a remonté des marnes gris bleu, à fragments gréso-pyritleux, débris d'Exogyres et dents de Poissons (station 186) et des marnes très riches en « vertèbres » d'Ophiuroïdes avec des petits bancs de grès à ciment calcaire, avec grains de quartz très corrodés, micas, débris de grès roulés, d'Huîtres à test perforé par des Cryptogames et ciment de calcite claire (station 441). Enfin, la quatrième et dernière station (352), avec ses marnes noires compactes, à petites baguettes de pyrite, appartient à un petit groupe de carottages, au Sud-Est d'Has-tings, jalon le plus occidental de l'affleurement suprajurassique tel qu'il a été délimité au cours de la campagne.

f) Portlandien moyen - base du Portlandien supérieur. — Deux stations seulement ont fourni une abondante microfaune de cet âge : les marnes bleues feuillettées, à nombreux fragments gréso-pyritleux débris de Poissons, articles de Crinoïdes et « vertèbres » d'Ophiuroïdes de la carotte 414 d'une part et d'autres part, les marnes grises, à petits morceaux de grès pyriteux, d'Exogyres et articles de Crinoïdes de la carotte 353. Ces deux affleurements sont là encore très éloignés, 414 au voisinage de l'axe, et 353 près des côtes anglaises, au Nord-Ouest de 352, à la pointe occidentale du triangle cité plus haut.

B. — Les grès du Jurassique supérieur.

Les grès glauconieux à ciment de calcite sont constitués de grains de quartz, de feldspaths, et

2. Deux tests d'*Everticyclammina* cf. *virguliana* (Koechlin), triés et déterminés par P. Andréieff dans une marne très glauconieuse (station 12) et dans une craie glauconieuse (station 13) indiquent tout au plus la proximité d'affleurements du Kimméridgien supérieur-Portlandien inférieur, au Nord-Ouest du cap d'Antifer. La microfaune des stations 203 et 206 a également été identifiée par notre collègue du B.R.G.M. (Orléans-La Source).

plus rarement de micas, en voie d'altération, de débris roulés de grès, et même d'oolithes calcaires remaniées. Les quartz non-usés ou émuossés-luisants, hétérométriques, sont généralement mal classés; leur section présente fréquemment d'importants golfs de corrosion remplis de calcite ou d'oxydes de fer. Les grains de glauconie ont subi un long brassage, ainsi que les grains bioclastiques constitués pour la plupart, de débris d'Huîtres, de Trigones, d'Echinodermes, de restes de Poissons, quelquefois de tissus ligneux; les valves d'Ostracodes sont écrasées, les tests de Foraminifères roulés et toujours rares. Ces caractères varient peu d'une station à l'autre; la fréquence de la glauconie et l'état de cristallisation de la calcite du ciment introduisent quelques variations mineures.

Ce faciès rencontré au large du Cap Gris-Nez (station 321), est surtout développé au voisinage de l'axe de la Manche orientale, à l'Ouest et au Sud-Ouest de Boulogne (stations 193, 200, 213, 323, 431, 441). Les sables graveleux, prélevés aux stations 417 et 434, contiennent de nombreux fragments roulés de ces grès: dans les deux cas, les affleurements de la roche en place ne sont vraisemblablement pas éloignés.

En l'absence de fossiles, il est difficile de dater ces grès avec précision, d'autant plus que des assises détritiques existent à plusieurs niveaux du Kimméridgien et du Portlandien dans le Boulonnais. Toutefois, il convient de souligner que ces grès sont associés à des marnes datées du Portlandien moyen par leur microfaune, dans les stations 323 et 441; de plus, ces grès ne sont généralement pas loin des affleurements de marnes du Kimméridgien supérieur. Or, dans le Boulonnais, les Grès de la Crèche, du Portlandien inférieur, reposent sur les argiles

feuilletées du Chatillon, rapportées au Kimméridgien supérieur, et sont recouverts par les couches argileuses du Portlandien moyen. Etant donné les caractères pétrographiques, la puissance et le rôle des Grès de la Crèche dans la morphologie littorale, il semble raisonnable de penser que les grès glauconieux à ciment calcaire des affleurements sous-marins représentent le Portlandien inférieur dans la Manche orientale.

C. — *Les calcaires du Jurassique supérieur.*

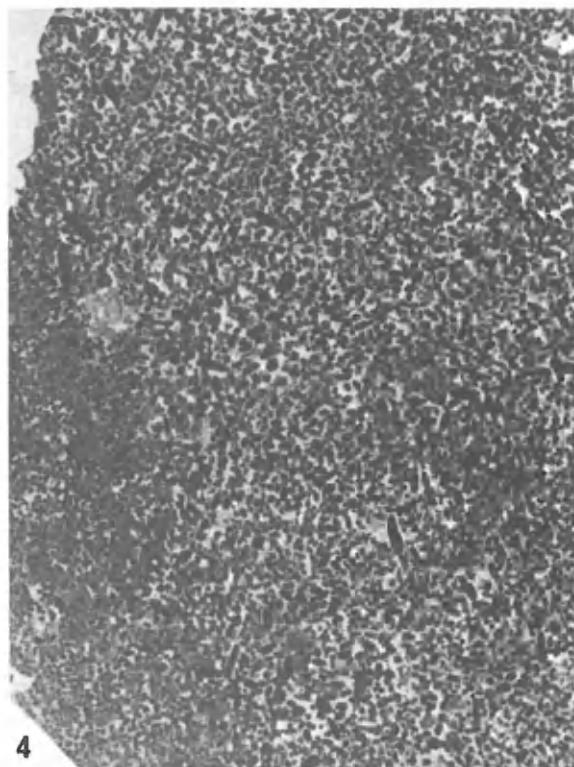
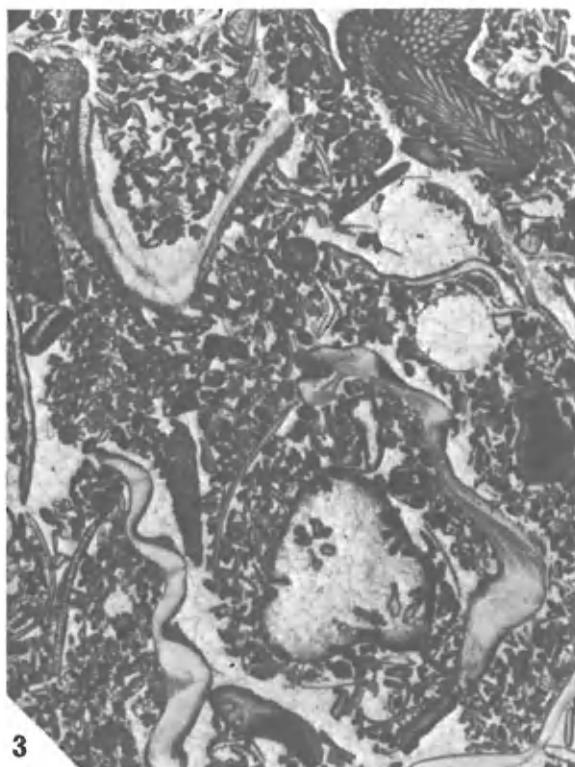
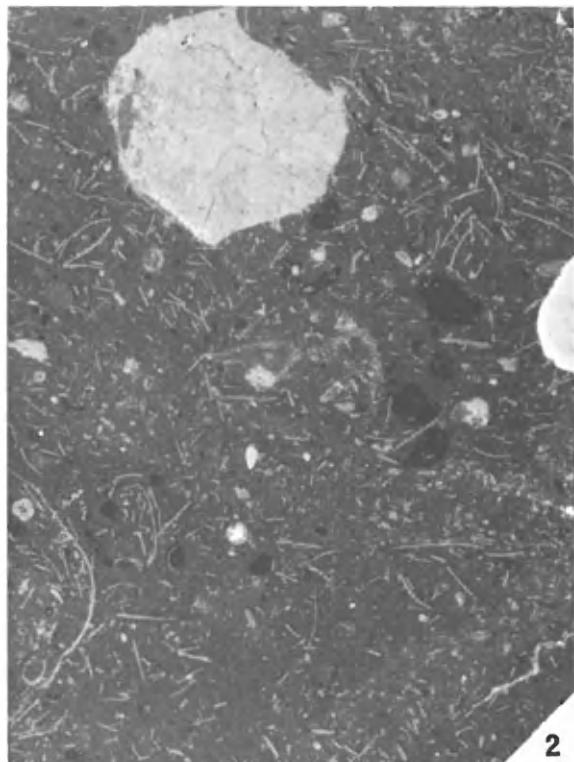
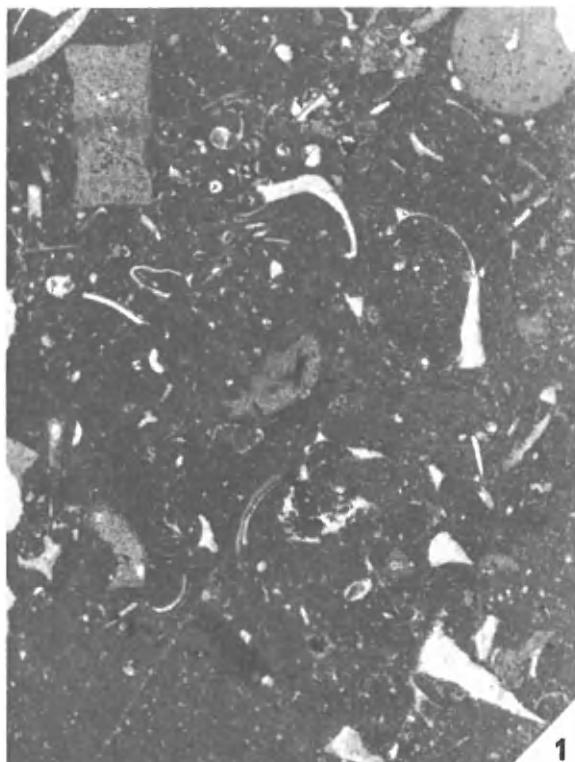
Bien que dispersés, les calcaires des stations 176, 407 et 457 offrent des caractères communs qui leur confèrent une grande originalité et les distinguent de tous les calcaires associés aux marnes kimméridgiennes et portlandiennes. Il s'agit de calcaires grumeleux, argileux, avec rares spicules d'Éponges, fragments roulés de Bryozoaires, valves d'Ostracodes ou tests usés de Foraminifères. Les grumeaux argileux sont arrondis, quelquefois granoclassés; parmi eux, certains sont des coprolithes. Parfois ils sont accompagnés de débris argileux anguleux à texture homogène. La stratification primaire est localement bouleversée par des organismes fouisseurs. La compaction a joué de façon différente d'un lit à l'autre au cours de la diagenèse: dans certains lits, les grumeaux, pressés les uns contre les autres, laissent un volume minimal au ciment de calcite, tandis que dans le lit contigu, les grumeaux semblent flotter dans la matrice argileuse ou le ciment spathique. Certaines structures filamenteuses, recristallisées, sont attribuables à des Algues (457, 407).

Ce type de calcaire correspond à un dépôt de milieu peu profond, vraisemblablement saumâtre ou d'eau douce. Il rappelle un faciès connu dans le

PLANCHE I

- 1: Station 812 — Calcaires à Gryphées (Sinémurien). Calcilitute à débris de Pélécypodes recristallisés, articles de Crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus*), sections de petits Gastéropodes, de Foraminifères (Nodosariidés) et d'Ostracodes ($\times 9$).
- 2: Station 970 — Calcaire à Ammonites (Toarcien). Calcilitute à « filaments » et débris remaniés phosphatés; nombreuses sections de test minces de Pélécypodes pélagiques (valves libres ou en connexion), remplissage sombre et phosphaté de petites coquilles d'Ammonites, de Gastéropodes et de Pélécypodes, quelques spicules d'Éponges, Foraminifères (*Lenticulina*), Ostracodes ($\times 10$).
- 3: Station 837 — Pierre de Langrune (Bathonien supérieur). Calcarénite hétérométrique riche en Bryozoaires, Polypiers (Stylinidae), Brachiopodes (Zeilleriidae), Pélécypodes, Crinoïdes, Echinoïdes, Gastéropodes, Serpules, quelques Foraminifères (Nodosariidés), rares oolithes. Ciment de calcite microcristalline et spathique. Les gros débris coquilliers sont mélangés à un sable dont les grains ont en moyenne 130 à 140 μ de diamètre ($\times 7$).
- 4: Station 176 — Faciès purbeckien (Portlandien terminal). Calcaire à fins grumeaux et coprolithes de 30 à 200 μ de diamètre en moyenne, avec rares valves d'Ostracodes et débris de bois. Une matrice argileuse existe dans certaines plages. Le ciment de calcite microcristalline claire est constitué de cristaux de 5 à 20 μ ($\times 9$).

Clichés M. RIOULT.



3

4

Calcaire à Algues du Boulonnais et dans les Purbeck beds du Dorset. L'attribution de ces calcaires au toit du Portlandien, sous son faciès purbeccien, se justifie à la fois par l'existence de tels calcaires de part et d'autre de la Manche et par la découverte de nombreuses valves de l'Ostracode *Fabanella ansata* (Jones) dans la marne collée au calcaire de la station 407, au Sud-Est d'Hastings.

Conclusions sur la Manche orientale.

Les carottages relativement nombreux qui ont rencontré les formations du Kimméridgien supérieur et du Portlandien au large du Boulonnais montrent que les marnes, les grès et les calcaires du Jurassique supérieur affleurent sur de grandes étendues en Manche orientale, à la faveur du bombardement anticinal prolongeant la structure plissée et faillée connue sur le continent.

Du point de vue lithologique, il n'y a pas de grandes variations latérales de faciès par rapport aux coupes littorales; il faut remarquer cependant que les sables et calcaires sableux du Portlandien supérieur proprement dit n'ont pas été reconnus.

Du point de vue micropaléontologique, les microfaunes du Jurassique supérieur, étudiée par J. Guyader dans les marnes prélevées entre les transversales Saint-Valéry-en-Caux - Hastings et Calais - Douvres, sont toutes plus récentes que celles des falaises encadrant l'estuaire de la Seine [Guyader, 1968] et elles présentent des affinités marquées avec celles des sondages de la région de Rouen ou celles des affleurements du Pays de Bray, généralement plus riches et mieux conservées que celles des falaises côtières du Boulonnais.

Les grands accidents tectoniques du Boulonnais sont orientés WNW-ESE : il faut constater que les profils sismiques ont en majorité cette direction entre Boulogne et Dungeness, ce qui ne facilite pas l'interprétation structurale, les enregistrements étant parallèles aux axes des replis anticinaux et synclinaux de la couverture jurassique. Cependant, les affleurements repérés semblent se répartir le long de trois petits plis anticinaux WNW-ESE dont les axes passeraient approximativement par Ambleteuse, Boulogne-le Portel et le Touquet.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Tout d'abord, il est indéniable que les recherches en vue d'une datation précise des matériaux de drâgues ont fait progresser nos connaissances sur les séries jurassiques bordant les côtes de la Manche, en exigeant de nouveaux critères pétrographiques, minéralogiques et paléontologiques.

Les données géologiques nouvelles, fournies par l'étude des matériaux de cette campagne des trois points de vue lithologique, paléontologique et tectonique, viennent s'ajouter aux documents amassés au cours des dernières années sur les formations jurassiques de la Manche centrale et orientale. Elles contribuent grandement à l'interprétation des enregistrements géophysiques. Les trois domaines mis en évidence ont chacun leur originalité et leurs affinités :

- la Manche avec le Dorset;
- la Baie de Seine avec le Calvados;
- la Manche orientale avec le Boulonnais.

Cette différenciation fondamentale permet de mieux

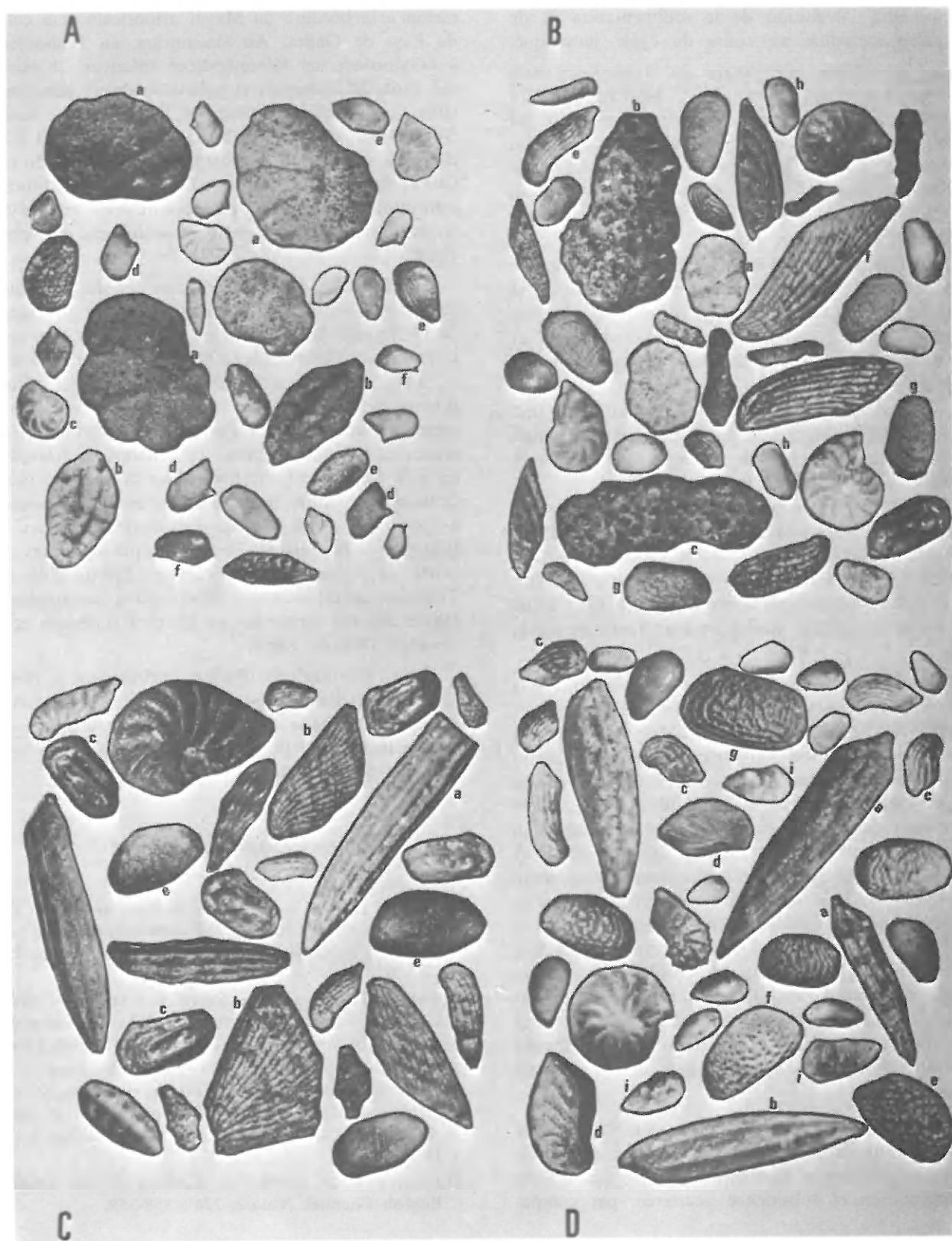
PLANCHE II

A : KIMMÉRIGGIEN SUPÉRIEUR. Nombreux *Evericyclammina vigurliana* (a), *Triplasia kimmeridensis* (b), *Lenticulina uralica* (c). Population d'Ostracode dominée par *Cytheropteron bispinosum crassum* (d), *Gallicocytheridea postrotunda* (f). On rencontre déjà *Metacytheropteron elegans* (e), rares *Macrodentina* (Poly.) *wicheri*.

B : PORTLANDIEN INFÉRIEUR. Quelques *E. virguliana* (a) de petite taille, *Ammobaculites coprolithiformis* (c), *A. subaequalis* (b), *Marginulina costata* (e), *Vaginulina flabellata* (f), *Macrodentina ornata* (g), *Dicrorygma kimmeridgensis* (h).

C : PORTLANDIEN MOYEN. Grands Foraminifères avec *Vaginulina raricostata* (a), *V. flabellata* (b). Nombreux *Protocythere serpentina* (c). *Macrodentina* cf. *punctatula* (e).

D : PORTLANDIEN MOYEN A SUPÉRIEUR. Grands Foraminifères souvent encroûtés : *M. cf. pyramidalis* (a), *V. raricostata* (b), *Marginulina embaensis* (c), *Saracenaria alata-angularis* (d). Belle faune d'Ostracodes avec de nombreux *Macrodentina* : *M. cf. dicyota* (e), *M. cf. transiens* (f). Grandes formes de *M. (Dictyocythere ?) cf. mediotricia transfuga* (g), *Orthonotacythere pustulata* (i), *Pyrocytheridea*.



comprendre l'évolution de la sédimentation et de la paléogéographie au cours du cycle jurassique.

Les caractères particuliers du Jurassique dans chacune des trois régions de la Manche viennent éclairer d'un jour nouveau les corrélations entre les affleurements des côtes anglaises et françaises. En élargissant le débat au niveau de la signification de la Manche dans le contexte du bassin anglo-parisien, la campagne géologique du CNEXO n'aura pas acquis là son moindre mérite.

— Le Jurassique de la Manche centrale prolonge la série du Dorset et se raccorde au Jurassique de la Manche occidentale. C'est une série plus argileuse et plus épaisse que celle de Basse-Normandie et de Baie de Seine sur la bordure septentrionale du Massif armoricain.

— Avec leur faciès identique à celui de la succession littorale normande, les formations jurassiques de la Baie de Seine se sont déposées dans les mêmes conditions que celles de Basse-Normandie.

— Enfin, les couches du Jurassique supérieur de la Manche orientale prolongent fidèlement les affleurements côtiers du Boulonnais en direction du Sud-Est de l'Angleterre. Cette série montre des affinités avec le Jurassique supérieur du Pays de Bray et de la région rouennaise plutôt qu'avec l'estuaire de la Seine.

Les affleurements du Jurassique supérieur de la Baie de Seine étant en grande partie masqués par des formations meubles, il est difficile de les comparer à ceux de la Manche orientale. Toutefois les séries jurassiques de Basse-Normandie et du Boulonnais présentent des caractères communs qui contrastent avec ceux de la succession stratigraphique beaucoup plus développée dans le sous-sol du Pays de Bray et du Pays de Caux, dans le prolongement du « bassin de Dieppe ». Baie de Seine-Normandie et Manche orientale - Boulonnais se trouvent situés de part et d'autre de ce couloir qui met en communication le Bassin parisien et le Bassin du Sud-Ouest de l'Angleterre, en suivant l'intervalle compris entre les contreforts de massifs anciens (Massifs armoricain à l'Ouest et Boulonnais à l'Est) pour déboucher en Manche centrale, à la limite septentrionale de la Baie de Seine.

Le domaine paléogéographique constitué par la Manche centrale, le Dorset, et la Manche occidentale a connu pendant le Jurassique des épisodes à forte sédimentation et subsidence accélérée, par compa-

raison à la bordure du Massif armoricain et à celle du Pays de Galles. Au Sinémurien, au Bathonien, à l'xfordien, au Kimméridgien inférieur, il existe des traits lithologiques et paléontologiques communs entre la Manche centrale, le Dorset et la Basse Normandie, mais en dehors de ces périodes, il faut chercher des points de comparaison plus au Nord-Ouest, dans le Somerset et le Gloucester. La Manche centrale et le Dorset se comportent donc comme la gouttière du Pays de Caux et la prolongent au Nord-Ouest.

La présence d'une dépression subsidente entre les massifs anciens pose naturellement le problème de la Trouée de la Manche, vers l'Ouest. La mer jurassique qui baignait les côtes du Massif armoricain, du massif de Cornouaille-Devon et du massif gallois présentait-elle un passage vers l'Ouest entre les deux premières grandes îles ? Par leurs caractères lithologiques et paléontologiques, les échantillons liasiques récoltés au Sud d'Eddystone, dans la Manche occidentale, sont, à eux seuls, des indices très favorables à l'existence d'une voie de communication entre la Bretagne et la Cornouaille britannique *au moins au cours du Jurassique inférieur*, de l'Hettangien au Toarcien inclus, communication qui a certainement rejoué un rôle important au Crétacé supérieur et à l'Eocène [Rioult, 1968].

Enfin, les résultats obtenus encouragent à poursuivre les recherches pour préciser encore la cartographie à l'échelle des formations et résoudre un certain nombre de problèmes mentionnés au passage au cours de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE PARTIELLE.

- CURRY D. (1962). — A Lower Tertiary outlier in the Central English Channel, with notes on the beds surrounding it. *Quart. J. geol. Soc. London*, 118 (2) : 177-205.
- CURRY D., HAMILTON D. et SMITH A. J. (1970). — Geological and shallow subsurface geophysical investigations in the Western Approaches to the English Channel. *Inst. geol. Soc., Rep.* n° 70/3, 12 p., 3 fig.
- DANGEARD L. (1928). — Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. océanogr.*, n. s., 6 (!) : 1-295, 27 fig., 8 pl., 18 cartes.
- DINGWALL R. G. (1969). — Geology of the Central English Channel. *Nature*, 224 : 358-359.

- DONOVAN D. T. (1967). — Henry Marc BRUNEL : the first submarine geological survey and the invention of the gravity corer. *Marine Geol.*, 5 : 5-14.
- (1968). — Geology of the continental shelf around Britain. A survey of progress. In « Geology of shelf seas », Proc. 14th Inter-Univ. Geol. Congress (D. T. DONOVAN Ed.) : 1-14, Edinburgh-London, Oliver and Boyd.
- ESTÉOULE J. et ESTÉOULE-CHOUX J. (1970). — Identification des minéraux argileux et des carbonates dans 90 échantillons. *Rapport scient. CNEXO*, contrat 69/79 : 131-147.
- GUYADER J. (1968). — Le Jurassique supérieur de la Baie de Seine. Etude stratigraphique et micropaléontologique. Thèse Univ. Paris, 3 vol., 269 p., 34 pl., coupes.
- HALLEZ P. (1899). — Sur les fonds du détroit du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. géol. Nord*, 28 : 4-23.
- KING W. B. R. (1949). — The geology of the eastern part of the English Channel. *Quart. J. geol. Soc. London*, 104 : 327-337.
- (1954). — The geological history of the English Channel. *Ibid.*, 110 : 77-102, pl. IV.
- LAPIERRE F., ROBERT J.-P. et VILLE P. (1970 a). — Nouvelles données sur la géologie de la Manche centrale. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 271 : 20-23, 2 fig.
- (1970 b). — Esquisse géologique de la Manche orientale. *Ibid.*, sér. D, 271 : 381-384, 3 fig.
- LARSONNEUR Cl. (1965). — Recherches sédimentologiques et géologiques en Manche centrale. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 29 (2) : 225-242, 7 fig.
- (1969). — La géologie sous-marine aux abords du Cotentin entre Cherbourg et Saint-Vaast-la-Hougue (Manche). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 5 : 155.
- (1971). — Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse, Caen, 394 p., 93 fig., 15 tabl., 16 pl. et 1 carte h.t.
- LARSONNEUR Cl. et RIOUT M. (1969 a). — Le Trias et le Lias des côtes de la Manche au Nord et à l'Est du Cotentin. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 268 : 2019-2022, 1 fig.
- (1969 b). — Le Bathonien de la baie de Seine et ses relations. *Ibid.*, sér. D, 268 : 2231-2234, 1 fig.
- (1969 c). — Le Bathonien et le Jurassique supérieur en Manche centrale. *Ibid.*, sér. D, 268 : 2645-2648, 1 fig.
- PAREYN Cl. et ROYANT G. (1965). — Géologie des rochers littoraux de la côte orientale du Cotentin, entre Saint-Vaast-la-Hougue et Quinéville. *Bull. Soc. linn. Normandie*, (10), V 1964 (1965) : 86-94, 1 fig.
- RIOUT M. (1968). — Contribution à l'étude du Lias de la bordure occidentale du Bassin de Paris. Thèse Doct. Etat, Univ. Caen (n° C.N.R.S. : A.0.1798), 565 p., 15 pl. et Sédiments et milieux du Jurassique normand, 2^e thèse, 94 p., XXIV pl.
- RIOUT M. et BIZON J.-J. (1961). — Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du Bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes). Ve partie : Basse-Normandie (Régions d'Isigny et Sud de Bayeux). Colloque sur le Lias français, *Mém. B.R.G.M.*, 4 : 451-458, fig. 3, pl. V.
- RIOUT M. et GAUTSCH J.-P. (1967). — Contribution à l'étude stratigraphique du Trias du Cotentin (Normandie). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 264 : 1148-1150.

II. — ÉTUDE BIOSTRATIGRAPHIQUE DES PRÉLÈVEMENTS CRÉTACÉS

par Christian MONCIARDINI*

L'étude du matériel crétacé porte sur plus de 90 échantillons préalablement lavés sur tamis et environ 70 préparés en lames minces (se reporter au Tableau I et à la fig. 5).

Les résultats biostratigraphiques détaillés sont consignés dans un rapport stratigraphique analytique, interne au CNEXO.

L'exposé ci-dessous résume ces données et les complète, en particulier par une étude systématique des microfaciès et d'une vingtaine d'échantillons examinés à l'origine par M. Dupeuble.

L'observation des Foraminifères dégagés a constitué la technique de base de ce travail. En effet, dans le Crétacé boréal, la biophase, telle qu'elle apparaît sur lames minces, fournit assez rarement des datations précises. Ceci est dû :

- à la faible densité des Foraminifères au regard de la surface considérée;

- à la difficulté de leur identification spécifique, voire générique surtout en ce qui concerne les formes benthiques et en l'absence de grands Foraminifères.

- à la précarité des critères de différenciation microfaciologiques entre les différentes assises craieuses, principalement au sein du Sénonien, du fait de l'homogénéité des conditions de sédimentation.

Employée comme technique complémentaire, l'observation sur lames minces se justifiait pleinement pour caractériser les échantillons de manière synthétique. Dans plusieurs cas, une datation, ainsi que des regroupements de microfaciès comparables ont été possibles.

Ainsi que les faciès le laissaient prévoir, les différentes espèces et associations rencontrées sont celles du Crétacé de la Province boréale.

1. CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

Albien.

Lavages. — Quelques échantillons sableux, glauconieux, ne recélant pas de Foraminifères ont été assimilés à l'Albien par leur faciès. Dans les autres lavages, la rareté, la petitesse et le médiocre état de conservation des Foraminifères dégagés ont permis d'identifier uniquement l'Albien et dans quelques cas seulement, grâce à : *Globigerina infracretacea* Glaessner (éch. n° 10, 67), *Cibicides cf. jarzevae* Vassilenko (10, 742), *Lingulogavelinella cf. frankei* (Bykova) (67, 742), *Valvulinaria gracillima* Ten Dam et *Lingulogavelinella* sp. (496). En 10, *Gavelinella cf. cenomanica* (Brotzen) forme ancestrale de l'espèce cénonmanienne est significative de l'Albien supérieur - Vraconnien.

Microfaciès. — Observés également sur lames minces, les n°s 496 et 472 sont tous deux des grès glauconieux à ciment de calcite spathique fine, contenant de très petits Foraminifères rotaliiformes. Par analogie, des microfaciès semblables, trop indurés pour le lavage, ont été prudemment regroupés dans l'Albo-Cénomanien (cf. par. suivant).

2. CRÉTACÉ MOYEN.

Cénomanien.

Lavages. — Issus le plus souvent de sédiments glauconieux, les Foraminifères sont peu abondants : *Gavelinella cenomanica* (Brotzen), *G. baltica* Brotzen, *Plectina mariae* (Franke), *Hagenowina* sp. parfois associées à *Anomalina globosa* (Brotzen) carac-

* Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.), B.P. 6009, Orléans-2.

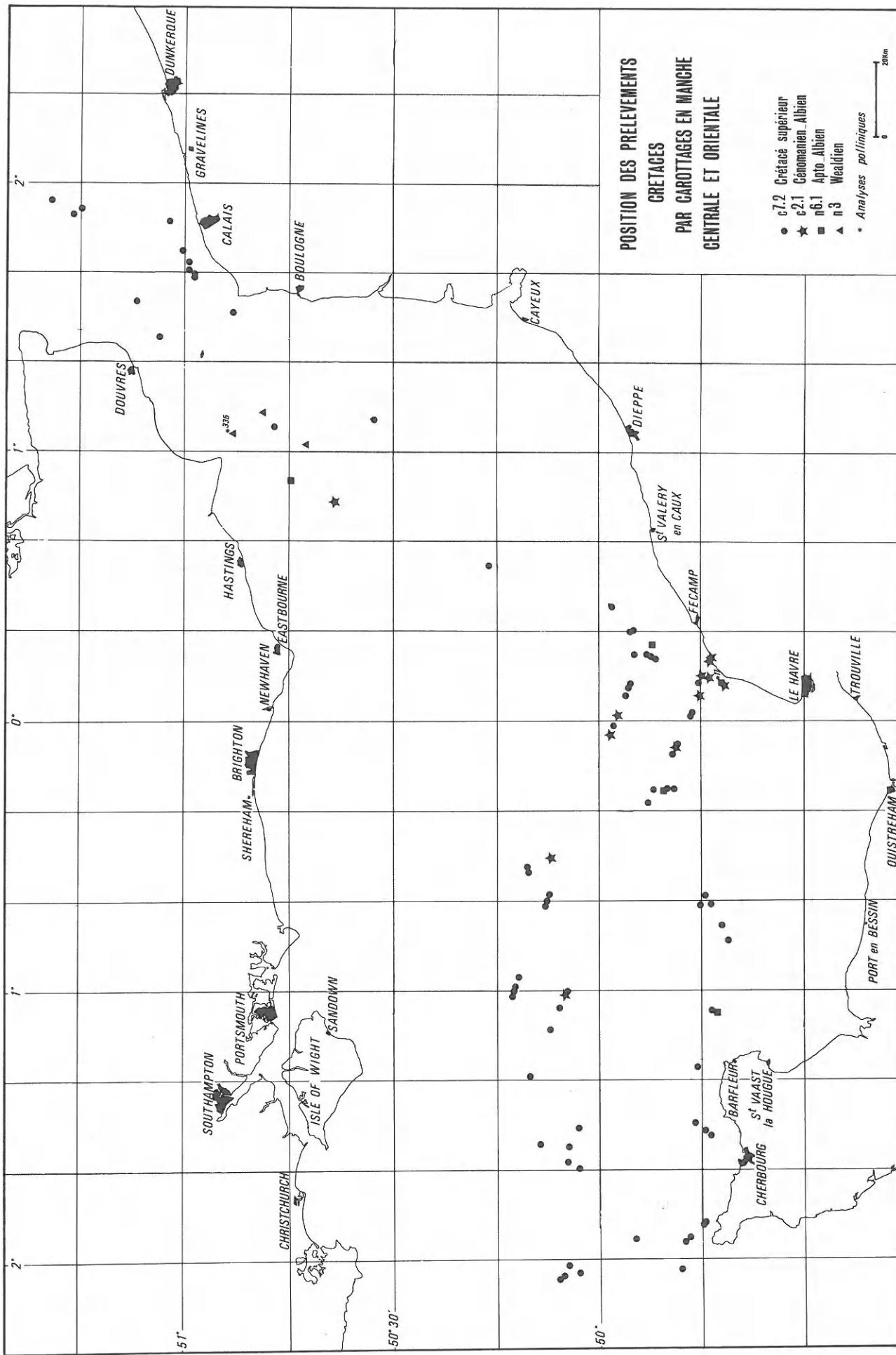


FIG. 5. — Position des carottages de Crétacé en Manche centrale et orientale.

térisent chacune le Cénomanien indifférencié (356, 513, 656, 660, 672, 722, 740).

L'association avec *Rotalipora cushmani* (Morrow) indique la partie moyenne à supérieure de l'étage (658, 698). En 643, le passage au Turonien a été reconnu par la présence simultanée de *Rotalipora cushmani*, *R. brotzeni* (Sigal), *Praeglobotruncana cf. hagni* Scheibnerova, dans un contexte crayeux glauconieux. En 591, sable roux marneux et glauconieux, la présence d'un seul *Ataxophragmium* sp. élimine la possibilité d'un âge albien et suggère le Cénomanien.

Microfaciès. — Les n°s 513, 656, 660, 672, étudiés sur lames minces, sont des microsparites fossilières ou des biosparites, toutes glauconieuses et faiblement gréseuses, avec silicification partielle du ciment en 672. La biophase est constituée de fragments d'Inocérames et d'Echinodermes, de Foraminifères assez rares et petits : arénacés, rotaliformes, *Hedbergella* probables et éventuellement Pithonelles peu abondantes.

Les n°s 492, 493, 494, 495, 613, 655, 662, 670, 675 non lavables ou dépourvus d'espèces utilisables stratigraphiquement, présentent des microfaciès comparables avec silicification en 493, 494, 495. Ils ont été assimilés au Cénomanien.

Enfin, proches des précédents, mais plus fortement détritiques, des grès glauconieux à ciment de calcite spathique parfois silicifié (165, 294, 310, 496, 498, 562, 742, 749) ont été assimilés à l'Albo-Cénomanien avec réserve. En effet, un tel microfaciès se retrouve en 638 et 640 avec cependant présence supplémentaire de Bryozoaires. Au lavage, l'échantillon 640 a montré la présence d'une *Globotruncana renzi* Gandolfi et d'une *G. lapparenti coronata* Bolli. Si ces deux espèces ne sont pas le résultat d'une pollution, le n° 640, du moins, serait postérieur au Turonien moyen.

3. CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

a) Turonien.

Lavages. — Dans les meilleurs cas, il a été possible de distinguer les niveaux inférieur, moyen et supérieur de l'étage. Ces subdivisions basées sur la succession d'associations observées dans le Bassin de Paris, ne sont pas pour l'instant situées par rapport aux limites biostratigraphiques traditionnelles.

La partie inférieure de l'étage (24, 175) est caractérisée par la présence de *Praeglobotruncana hagni* et *P. cf. hagni*, *P. cf. paradubia* (Sigal) (« grosses Globigérines ») souvent associées à *P. stephani* (Gandolfi), *Gavelinella belorussica* Akimez, *Anomalina globosa*.

La partie moyenne (273, 274, 296, 699) est caractérisée par les premiers représentants du genre *Globorotalites* avec *G. minutus* (Goel) suivi de *G. subconicus* (Morrow), par l'apparition de *Cibicides polyrraphes* (Reuss), *Gavelinella moniliformis* (Reuss), par la présence de *Praeglobotruncana helvetica* (Bolli), *P. algeriana* Caron, associées dans les niveaux les plus bas aux dernières *Anomalina globosa* et dans les niveaux les plus hauts à *Globotruncana renzi* Gandolfi.

On note sur le matériel étudié l'absence de *Globotruncana signali* Reichenbach, très souvent associée à *Praeglobotruncana helvetica* dans le bassin de Paris.

La partie supérieure (262, 295, 459) est marquée par l'apparition des premières *Globotruncana* gr. *lapparenti* Brotzen, *Reussella* sp. (à arêtes aiguës), associées à *Globorotalites subconicus*, *Cibicides polyrraphes* et *Gavelinella moniliformis*.

Microfaciès. — Etudiés sur lames minces, les n°s 262, 274, 295, 296, 459 varient entre des biomicroites et des biosparites fines à Pithonelles abondantes, cette fréquence décroissant en s'élevant dans la série turonienne. On note la présence de fragments d'Inocérames et d'Echinodermes, de quelques Globotruncanidés rarement déterminables, et de très petits Foraminifères : arénacés, rotaliformes et *Herbergella* sp.

Parmi les échantillons non lavés, deux biomicroites à Pithonelles ont été datées sur lames minces grâce à *Praeglobotruncana helvetica* (28) et *P. cf. hagni* (261).

Les n°s 292 et 411 ont été assimilés au Turonien par identité de microfaciès.

Dans quelques autres cas, par la présence de *Globorotalites* sp., de *Globotruncana* gr. *lapparenti*, de *Reussella* sp., l'hypothèse d'un âge turonien inférieur ou moyen a pu être écartée, sans qu'il soit toutefois possible de fixer une limite d'âge supérieure.

b) Sénonien.

Les roches d'âge sénonien constituent la majorité des prélèvements crétacés soumis à l'étude.

Lavages. — Dans la plupart des cas, la relative abondance des Foraminifères a été suffisante pour préciser la position des échantillons au sein de l'étage, grâce à la connaissance des associations successives reconnues dans le Bassin parisien. Si l'équivalence

entre les biozones basées sur les Foraminifères et celles de la stratigraphie classique de la craie n'est pas encore absolument rigoureuse, son degré de précision est largement compatible avec le présent travail.

Le n° 264, contenant *Gavelinella vombensis* (Brotzen) et *Stensioina preeexsculpta* (Keller), associées à *Gavelinella thalmanni* (Brotzen), *Osangularia cordieriana* (d'Orbigny), *Eponides concinnus* Brotzen, peut être assimilé au Coniacien terminal ou au Santonien basal.

Les n°s 246, 248, 249, 266 avec des espèces telles que *Stensioina exsculpta gracilis* Brotzen, *S. preeexsculpta laevigata* Akimez, *Reussella szajnochae* (Grzybowski), *Gavelinella brotzeni* Goel, pouvant être associées à *G. stelligera* (Marie), *Stensioina labyrinthica* Cushman, sont assimilables au Santonien.

Les n°s 499, 501, 517, 704, 895, 896, contenant *Bolivinoides strigillatus* (Chapman), *B. decoratus* (Jones) à faible degré d'évolution, *Stensioina pommerana* Brotzen, *Gavelinella clementiana costata* (Marie), *Globotruncana fornicata* Plummer, pouvant être associées à *Gavelinella brotzeni*, *Stensioina labyrinthica*, *Reussella cushmani* Brotzen, ont un âge allant du Santonien au Campanien inférieur.

En 986, la présence supplémentaire de *Gavelinella cayeuxi* (de Lapparent) marque le Campanien inférieur.

En 715, 894, 993, 995, 1024, *Bolivinoides rhombodecoratus* Goel, *Gavelinopsis volzianus typicus* (Marie), *Gavelinella clementiana typica* (Marie), *G. clementiana rugosa* (Marie) associés ou non à *Gavelinella cayeuxi* et *Globotruncana arca* (Cushman) caractérisent le Campanien supérieur, à l'exception de ses niveaux les plus hauts.

En 565, 586, 987, *Bolivina incrassata* Reuss, *Gavelinopsis involutus* (Reuss) associés à *Bolivinoides rhombodecoratus*, *Gavelinopsis volzianus typicus* indiquent soit le Campanien terminal, soit le Maestrichtien basal. Il est en effet actuellement difficile, en l'absence d'espèces planctoniques caractéristiques, d'effectuer cette distinction.

En 564, 712, 921, 989, *Bolivinoides decoratus giganteus* Hiltermann et Koch, *Reussella cristata* (Marsson), *Osangularia cf. lens* Brotzen, *Coletites reticulosus* (Plummer) faiblement décoré, *Globotruncana stuarti* (de Lapparent) souvent associés à *Bolivina incrassata*, *Gavelinopsis volzianus typicus*, *G. involutus*, *Globotruncana arca* indiquent le Maestrichtien.

Le n° 291 est particulièrement digne d'intérêt par la nature et la diversité de son association. Parmi les espèces les plus représentatives citons : *Globotruncana arca* réputée absente du Maestrichtien terminal, *G. contusa* (Cushman) à haut degré d'évolution, *G. stuarti*, *G. gansseri* Bolli absente du Maestrichtien terminal, *G. rosetta* (Carsey), *Racemiguembelina fructicosa* (Egger), *Planoglobulina acervulinoides* (Egger) caractéristique du Maestrichtien supérieur en Allemagne, *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss) trouvée entre autres dans le Cotentin, *Orbygina* (?) sp. grosse espèce comprimée à ouverture allongée, *Gavelinopsis involutus*, *G. volzianus typicus*.

Cette association suggère un Maestrichtien élevé, sans être terminal. En effet, on note en plus l'absence

de *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli) qui, compte tenu de l'abondance du plancton, aurait sans doute été présente s'il s'agissait des niveaux sommitaux de l'étage.

Microfaciès. — Les lames minces correspondantes aux lavages sénoniens ne présentent pas de microfaciès caractéristiques en liaison avec les distinctions obtenues par les Foraminifères dégagés. Il s'agit dans tous les cas de biomicrites ou de biosparites fines, dont deux (896, 986) sont un peu glauconieuses.

Les débris d'Echinodermes et d'Inocérames sont communs, les derniers semblant plus abondants vers la base de l'étage (264) ce qui confirme les observations faites dans ces niveaux sur l'ensemble du Bassin de Paris. Les Bryozoaires, assez peu abondants, paraissent plutôt localisés dans le Santonien et le Campanien inférieur (499, 896, 986). Si les Pithonelles sont le plus souvent absentes, sauf en 895, 1004, 1006, on trouve avec une bonne régularité de très petits Hétérohélicidés, *Hedbergella*, arénacés et rotiformes, difficilement utilisables.

En 1006, les spicules calcaires de Spongaires sont nombreux. Cette caractéristique se retrouve en 1004 et 1005. Ceci, ajouté à la proximité géographique de ces trois prélèvements, incite à leur attribuer un âge voisin, qui serait postérieur au Santonien du fait de la présence de *Stensioina cf. pommerana* en 1005.

Les Globotruncanidés identifiables sont rares : *Globotruncana arca* en 565 et *G. cf. ventricosa* White en 895.

Certains prélèvements ayant fait uniquement l'objet d'un examen sur lames minces, sont datables avec toutefois une précision médiocre :

Le Sénonien est identifié en 43, 511, 518 par la présence de *Gavelinella thalmanni*, en 40, 41, 714 par *Stensioina* sp.

En 70, *Bolivinoides* sp. indique un âge postérieur au Santonien inférieur.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

AKIMEZ V. (1961). — Stratigraphie et Foraminifères du Crétacé supérieur de Biélorussie. *Akad. Nauk Bielorusskoy SSSR, Inst. geol. Nauk Minsk*, n° 3 : 209-245.

ARIAI A. (1965). — Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique du littoral entre

- Dieppe et Le Tréport (Seine-Maritime). Thèse 3^e cycle, Fac. Sci. Paris, 137 p., 22 pl.
- BARTENSTEIN H. et BETTENSTAEDT F. (1962). — Marine Unterkreide. In *Leitfossilien der Micropaläontologie* : 225-297, pl. 33-41. Berlin, Gebr. Borntraeger.
- BIGNOT G. et LARSONNEUR C. (1969). — Etude du Crétacé supérieur au large du Cotentin et remarques sur le genre *Planorbolina* du Crétacé supérieur et du Paléocène. *Rev. Micropal.*, 12 (1) : 25-39.
- CARON M. (1966). — *Globotruncanidae* du Crétacé supérieur du synclinal de la Gruyère. *Ibid.*, 9 (2) : 68-93.
- CHEMIRANI A. (1968). — Etude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé supérieur-Eocène du littoral picard compris entre le Tréport et Saint-Valéry-sur-Somme (Somme). Thèse 3^e cycle, Fac. Sc. Paris, 421 p., 15 pl.
- Ebrahimzadeh-Assadian K. (1968). — Etude stratigraphique et micropaléontologique du Sénonien de Reims et d'Épernay. Thèse 3^e cycle, Fac. Sc. Paris, 128 p., 15 pl.
- ELLIS B. F., MESSINA A. R., CHARMATZ R., RONAI L. E. (1968-1969). — Catalogue of index smaller Foraminifera. New York, Sp. Publ. Amer. Mus. of nat. Hist., vol. 1 et 3.
- GOEL R. K. (1965). — Contribution à l'étude des Foraminifères du Crétacé supérieur de la Basse Seine. *Bull. B.R.G.M.*, n° 5 : 49-157.
- HILTERMANN H. (1963). — Zur Entwicklung der Benthos-Foraminifere Bolivinoïdes. In *Evolutionary trends in Foraminifera* : 198-223, Amsterdam, Elsevier.
- HILTERMANN H. et KOCH W. (1962). — Oberkreide des nördlichen Mitteleuropa. In *Leitfossilien der Micropaläontologie* : 299-338, pl. 42-51. Berlin, Gebr. Borntraeger.
- HOPKER J. (1957). — Foramineferen der Oberkreide von Nordwest-Deutschland und Holland. *Geol. Jhrb.*, Beih. 27, 464 p.
- (1959). — Les Foraminifères du Crétacé supérieur du Cotentin. In *Colloque sur le Crétacé sup. C. R. Congr. Soc. sav. Paris et Dépts*, Dijon : 369-397.
- (1966). — Maestrichtian, Danian and Palaeocene Foraminifera. *Palaeontographica*, Suppl. Bd. 10 : 1-375, pl. 1-86.
- MAGNÉ J. et POLVÈCHE J. (1962). — Le Crétacé de la fosse 10 d'Oignies (Nord). Micropaléontologie et stratigraphie. *Ann. Soc. géol. Nord*, LXXXII : 127-134.
- MALAPRIS M. (1965). — Les *Gavelinellidae* et formes affines du gisement albien de Courcelles (Aube). *Rev. Micropal.*, 8 (3) : 131-150.
- MALAPRIS-BIZOUARD M. (1967). — Les Lingulogavelinellales de l'Albien inférieur et moyen de l'Aube. *Ibid.*, 10 (2) : 128-150.
- MARIE P. (1941). — Foraminifères de la craie à *Belemnites mucronata* du Bassin de Paris. *Mém. Mus. nat. Hist. nat.*, 12, 296 p., 37 pl.
- MOORKENS T. L. (1967). — Quelques *Globotruncanidae* et *Rotaliporidae* du Cénomanien, Turonien et Coniacien de la Belgique. In *Proc. 1st intern. Conference on planktonic microfossils*, Genève, vol. 2 : 435-459. Leiden, E. J. Brill.
- PESSAGNO E. A. (1967). — Upper cretaceous planktonic Foraminifera from the western gulf coastal plain. *Palaeontogr. America*, V (n° 37) : 245-441.
- SIGAL J. et DARDENNE M. (1960). — Corrélations dans la craie du bassin de Paris. Périmètre de Dammartin-en-Goële. *Ann. Soc. géol. Nord*, LXXX : 219-223.
- TEHERANI K. K. (1968). — Etude stratigraphique et micropaléontologique du Sénonien de Sens (Yonne). Thèse 3^e cycle, Fac. Sc. Paris, 252 p., 30 pl.
- VAN HINTE J. E. (1967). — A *Globotruncana* zonation of the Senonian subseries. In *Proc. of the 1st intern. Conference on planktonic microfossils*, Genève, vol. 2 : 257-266. Leiden, E. J. Brill.
- VASSILENKO V. (1961). — Foraminifères du Crétacé supérieur de la presqu'île de Manguichalk. *Trud. V.N.I.G.R.I.*, Leningrad, 171 : 1-41.

III. — ÉTUDE BIOSTRATIGRAPHIQUE DES PRÉLÈVEMENTS ÉOCÈNES

par Gérard BIGNOT*

Les affleurements éocènes sous-marins reconnus sont discontinus. Quelques lambeaux sont situés dans le Sandettié et au large du Boulonnais mais la plupart des gisements sont localisés dans la Manche orientale. Quelques placages de Lutétien ont été retrouvés au Sud de la Manche centrale (se reporter au Tableau I et à la fig. 6).

1. SANDETTIÉ ET LITTORAL DU BOULONNAIS.

L'Yprésien inférieur a été touché trois fois dans le Sandettié au Nord de Gravelines. Le gisement le plus oriental (St. 241) a livré des argiles bleues, pyriteuses, sans quartz détritique, riches en Diatomées centriques pyritisées et en *Trochammina* sp. écrasées. Cet échantillon rappelle les faciès pyriteux à *Trochammina* (mais sans Diatomées) de la base des Argiles d'Ypres. Des Diatomées identiques ont été signalées dans le Sparnacien du cap d'Ailly [Bignot, 1961] et du Mont-Jolibois, à Criel [Ariaï, 1965].

Les deux gisements occidentaux (St. 251 et 252) de marnes bleues, pyriteuses, un peu glauconieuses, à paillettes de muscovite ont fourni chacun des microfaunes comparables bien que plus riche en ce qui concerne le premier. Il a été trouvé des débris phosphatés de Vertébrés; fragments d'Ostracodes; soies d'Echinides limnivores; des Foraminifères : *Astacolus* sp., *Lagenia substriata* Will., *Globulina* sp., *Praeglobobulimina ovata* (d'Orb.), *Bulimina pseudocucumenata* Olss., *Uvigerinella abbreviata* (Terq.), *Pullenia quinqueloculina* (Reuss), *Alabamina* cf. *wilcoxensis* Toulm., *Cibicidoides proprius* Brotz., *Cibides anomaloides* Ten Dam, *C. ypresiensis* Ten Dam; des « Incertae sedis » : *Yvonniellina glabra* (Szczechura) = *Pseudarcella campanula* Bignot 1962 (p. 174; fig. 4; pl. 4, fig. 10 a-b) non Le Calvez 1959.

Quelques espèces, en particulier *Alahamina* cf. *wilcoxensis* et *Yvonniellina glabra* n'ont été trouvées qu'à la station 251.

Les microfaunes de ces deux gisements présentent de grandes affinités avec celles des Argiles inférieures d'Ypres, celles du London Clay et celles de la formation de Varengeville.

Deux affleurements (St. 324 et 427) de Lutétien ont été reconnus au large de Boulogne et de l'embouchure de la Canche. Il s'agit de calcaires gréseux microcristallins à débris de Bryozoaires et d'Echinodermes et Foraminifères : petits agglutinés, Miliolidés, *Alveolina* cf. *boscii* (Defr.), *Orbitolites* sp., *Gyroidinella magna* Le Calv., *Nummulites* sp.

2. MANCHE ORIENTALE.

Les affleurements éocènes paraissent importants à l'intérieur d'un vaste triangle dont les sommets sont Hastings (en Angleterre), Fécamp et l'embouchure de la Somme. Dans la portion orientale de ce périmètre, au Nord de Dieppe et de Saint-Valéry-en-Caux, il n'a été trouvé que du Lutétien. A l'Ouest, par contre, l'Yprésien, le Lutétien et le Bartonien affleurent.

L'Yprésien (St. 56, 82, 100, 102 et 360) est représenté par des marnes sableuses et glauconieuses à microfaune identique à celle que livre la formation de Varengeville [Bignot, 1962, 1963], c'est-à-dire des soies d'Echinides limnivores; des Foraminifères : *Karreriella* cf. *mauricensis* Howe et Ellis, *Textularia adamsi* (Lalick.), Nodosariidés (*Robulus* sp., *Saracenaria* sp., *Vaginulina* sp.) uniquement en 360, *Globulina* sp., *Angulogerina muralis* (Terq.), *Bolivina pulchra* (Terq.) = *Loxostomum wilcoxense* Cush. et

* Lab. de Micropaléontologie, Univ. de Paris-VI (France - 75).

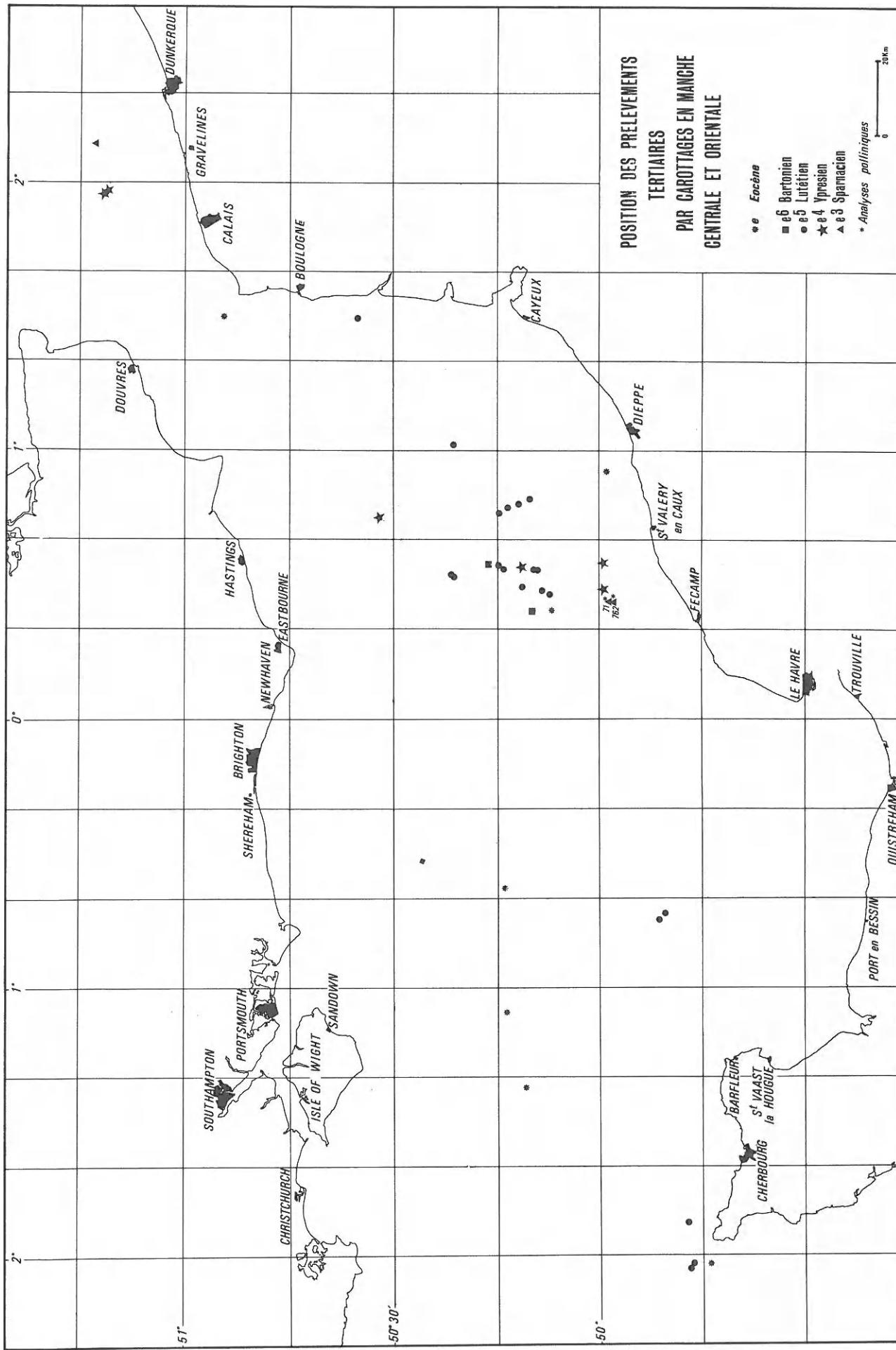


FIG. 6. — Position des carottages d'Eocène en Manche centrale et orientale.

Pont. in Bignot 1962, *Pullenia* sp., *Nonion commune* (d'Orb.), *N. graniferum* (Terq.), *N. laeve* (d'Orb.), *Alabamina* cf. *wilcoxensis* Toulm. uniquement en 360, *Epistominella vitrea* Park., *Asterigerina aberystwithii* Haynes, *Anomalinoides perthensis* (Parr), *Cibicoides proprius* Brotz., *Cibicides umbonifer* Parr, *Elphidium hiltermanni* Hagn, *Gumbelitria triseriata* (Terq.) = *G. stvensis* Bandy, *Globigerina cf. aquiensis* (L. et T.) = *Globorotalia intermedia* Sub. in Bignot 1963 (p. 1, fig. 1-4); des Ostracodes : *Loxoconcha subovata* (v. Munst.); des « Incertae sedis » : *Yponiellina glabra* (Szcz.), « *Lagena Z* » Bignot (1962, p. 174, pl. 4, fig. 13).

Le gisement 360, le plus voisin des côtes anglaises, montre par la présence de Nodosariidés et d'*Alabamina* cf. *wilcoxensis* quelques caractères microfaunistiques qui le rapprochent du London Clay. Toutefois, ce gisement ainsi que les quatre autres sont à attribuer au niveau de Varengeville.

Le Lutétien est l'étage éocène le mieux représenté en Manche orientale. Il a été rencontré en 16 stations (St. 90, 91, 93, 97, 104, 105, 115, 117, 118, 120, 122, 151, 378, 379, 471 et 473) sous forme de calcaires gréseux glauconieux admettant des passées marneuses. Ce matériel a livré des débris de Bryozoaires, d'Echinodermes, de Mollusques et de *Ditrupa strangulata* Desh. (en 97 et 120); des Foraminifères : Miliolidés nombreux et variés (*Quinqueloculina* sp., *Pentellina pseudosaxorum* Schlumb., *Spiroloculina* sp., *Triloculina* sp., *Pyrgo* sp., *Spirolina* sp., *Orbitolites cf. complanatus* Lmk, *Alveolina cf. boscii* (Defr.), *Nummulites laevigatus* (Brug.) et petits Rotaliformes (*Nonion laeve* (d'Orb.), *Rotalia* sp., *Pararotalia* sp., etc.) mal conservés et difficilement déterminables; des Ostracodes : *Bairdopillata* sp., *Schizocythere tesselata* (Bosq.), etc.; des Corallinacées : *Distichoplax biserialis* Djetr., etc.

La station 107 mérite d'être mentionnée à part car les calcaires qu'on y a récoltés renferment, à côté de divers Miliolidés, de fragments d'*Alveolina* sp. et de *Nummulites cf. variolarius* (Lmk), un beau spécimen de *Discorinopsis kerfornei* (Allix) qui caractérise le niveau de Fresville (Lutétien terminal = ex-« Biarritzien »).

Plusieurs stations (St. 101, 113, 377 et 767) ont fourni des marnes glauconieuses pyriteuses et des grès marneux glauconieux qui m'ont livré des Foraminifères : Miliolidés (*Quinqueloculina* sp., *Triloculina angularis* d'Orb.), *Nummulites variolarius* (Lmk)

très abondantes, diverses petites formes hyalines difficilement déterminables (*Globulina* sp., *Nonion laeve* d'Orb., *Pararotalia* sp., *Cibicides* sp.); des Ostracodes nombreux et variés parmi lesquels j'ai reconnu *Cytherelloidea dameriensis* Apo., *Platella gyrosa* (Roem.), *Paracypris contracta* (Jones), *Trachyleberis aculeata* (Bosq.), *Pterygocythereis cornuta* (Roem.), et *Cytheretta gracilicosta* (Reuss).

L'abondance de *Nummulites variolarius* ne permet plus, à la suite des travaux de Curry [1961] de différencier le Lutétien du Bartonien. Cependant, la composition générique de l'association des Foraminifères évoque celle des Sables d'Auvers-sur-Oise [Le Calvez, 1969]. De plus, *Cytherella gracilicosta* qui, selon Keij [1957], n'aurait été signalée que dans le Bartonien, permet de rapporter — avec vraisemblance — à cet étage les quatre affleurements cités ci-dessus.

3. MANCHE CENTRALE.

Deux gisements (St. 853 et 855) de calcaire biodétritique vacuolaire d'âge lutétien terminal (niveau de Fresville) ont été reconnus au Nord de Port-en-Bessin. Ils ont livré des Miliolidés, *Orbitolites complanatus* Lmk et *Alveolina cf. elongata* d'Orb.

Autour du cap de la Hague, la même formation a été touchée en trois points (St. 980, 1022 et 1023). Le calcaire biodétritique, souvent glauconieux, gréseux ou non, vacuolaire, renferme des débris de Bryozoaires et d'Echinides; des Foraminifères : Miliolidés (*Quinqueloculina* sp., *Pyrgo* sp.), *Spirolina* sp., *Alveolina cf. elongata* d'Orb., *Orbitolites complanatus* Lmk et *Rotalia trochidiformis* Lmk.

Ces calcaires sont tout à fait comparables à ceux qui ont déjà été étudiés autour du Cotentin (Bignot, Hommeril et Larsonneur 1968).

4. RÉCAPITULATION.

Les points suivants méritent d'être soulignés :

— les Argiles d'Ypres sont localisées dans le Sandettié;

— la formation de Varengeville, bien développée au large de Saint-Valéry-en-Caux, est signalée pour la première fois. Les affleurements sous-marins sont beaucoup plus vastes que les quelques lambeaux conservés au sommet des falaises à Sotteville-sur-Mer et surtout au cap d'Ailly [Bignot, 1971];

— le Lutétien est très répandu et l'on retrouve, au fond de la Manche orientale, la plupart des termes lutétiens du Bassin parisien : Pierre à liards, Calcaire à *Ditrupa*, Calcaire grossier à *Orbitolites*, niveau de Foulangues ;

— le Bartonien (probablement inférieur = Aversien) semble bien représenté au Nord de Fécamp. C'est la première fois que cet étage est signalé dans la région.

Aucun vestige des dépôts tertiaires plus récents n'a été trouvé.

BIBLIOGRAPHIE ESSENTIELLE.

- ARIAI A. A. (1965). — Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique du littoral entre Dieppe et Le Tréport (Seine-Maritime). Thèse 3^e cycle, Univ. Paris, 137 p. dact., 22 pl., 2 tabl.
- BIGNOT G. (1961). — Contribution à l'étude des Ostracodes sparnaciens du Bassin Parisien : Les Ostracodes du cap d'Ailly (Seine-Maritime). *Rev. Micropal.*, 4 (1) : 58-65, 2 pl.
- (1962). — Etude micropaléontologique de la forma-
- tion de Varengeville du gisement éocène du cap d'Ailly (Seine-Maritime). *Ibid.*, 5 (3) : 161-184, 4 pl.
- (1964). — Foraminifères planctoniques et Foraminifères remaniés dans la Formation de Varengeville. *Bull. Soc. géol. Normandie*, 53 (1963) : 1-12, 1 pl.
- (1971). — Carte géologique au 1/50 000 Dieppe-Ouest avec Notice explicative.
- BIGNOT G., HOMMERIL P. et LARSONNEUR C. (1968). — Le Lutétien au large du Cotentin. *Mém. B.R.G.M.* (Coll. Eocène), 58 : 405-416, 1 fig., 1 pl.
- CURRY D. (1961). — Sur la découverte de *Nummulites variolarius* (Lamark) dans le Lutétien des bassins de Paris et du Hampshire. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 9 : 247.
- KAASSCHIETER J. P. H. (1961). — Foraminifera of the Eocene of Belgium. *Mém. Inst. roy. Sc. nat. Belgique*, n° 147, 271 p., 16 pl.
- KEU A. J. (1957). — Eocene and Oligocene Ostracoda of Belgium. *Ibid.*, n° 136, 210 p., 23 pl.
- LE CALVEZ Y. (1969). — Contribution à l'étude des Foraminifères paléogènes du Bassin de Paris. Thèse, Paris, 600 p. dact., 49 pl.
- SZCZECHURA J. (1969). — Problematic Microfossils from the Upper Eocene of Poland. *Rev. esp. Micropal.*, I (1) : 81-94, 4 pl.

IV. — ÉTUDE PALYNOLOGIQUE D'ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS EN MANCHE ORIENTALE ET DANS LA BAIE DE LA SEINE

par Suzanne DURAND*

Trois séries d'échantillons m'ont été confiées pour analyses palynologiques (cf. Tableau I et fig. 5 et 6).

1. ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS A 8 KM SE DU CAP DUNGENESS (station 335).

Le carottage a fourni la roche consolidée en place; il s'agit d'un dépôt de type sapropélien finement zoné, montrant, à l'échelle du millimètre, une alternance serrée de sables gris et de couches très noires.

J'ai examiné neuf échantillons prélevés tous les 2 cm sur une hauteur totale de 23 cm.

Tous ces échantillons sont riches en matière organique. Ils n'ont livré ni Dinoflagellés, ni Acritarches, ni test chitineux de Foraminifères. Les débris de tissus végétaux sont abondants, les spores de Champignons sont fréquentes. Il ne paraît pas qu'il y ait eu sélection de formes anémophiles : les pollens de Gymnospermes ne sont pas plus abondants que les spores de Cryptogames. On peut conclure qu'il s'agit d'un dépôt continental accumulé au voisinage immédiat ou, peut-être même, dans le milieu de développement des végétaux.

Les éléments figurés, spores et pollens, sont peu abondants, mais très variés; plusieurs formes n'ont été vues qu'une fois sur deux cents identifiées.

L'absence de « Normapolles » Pflug 1953, qui apparaissent en Europe au Cénomanien, avec une période de floraison (grande variété de formes) au Sénonien et l'absence de pollen d'Angiospermes situent le dépôt antérieurement à la limite Crétacé inférieur - Crétacé supérieur [Krutzsch 1966, Döring 1966].

Parmi les formes identifiées :

— quelques-unes ont une répartition très vaste (ex. *Pityosporites* Seward, d'ailleurs très peu fréquent dans les préparations) et n'ont pas de signification stratigraphique;

— les espèces suivantes ne se rencontrent que dans le Jurassique et le Crétacé inférieur [Couper, 1958; Pocock, 1962; von der Brelie, 1964] : *Osmundacidites wellmanii* Couper, *Dictyotriletes* (*Klukisporites*) *pseudoreticulatus* (Couper) Pocock (Purbeck et Weald), *Cyathidites australis* Couper, *C. minor* Couper, *Matonisporites equinoxinus* Couper, *Trilobosporites bernissartensis* (Delcourt et Sprumont) R. Potonié, *Caytonipollenites pallidus* (Reissinger) Couper, *Alisporites thomasii* (Couper) Pocock, *Tsugapollenites mesozoicus* Couper signalé par Lantz [1958] dans le Purbeck du Dorset;

— les spores trilètes du groupe « *Cicatricosporites* » sont relativement fréquentes dans tous les échantillons. Selon Döring [1965], dans le Nord de l'Europe centrale, elles apparaissent au Kimméridgien supérieur. C'est au passage Kimméridgien - Purbeck que Lantz les signale pour la première fois dans le Dorset et Hughes [1958] les voit également commencer dans les couches du Purbeck;

— pour Hughes [1958] et Döring [1964], *Appendificisporites tricornitatus* Weyland et Greifeld n'est connu que depuis la fin du Berriasien. Lantz [1958] l'a signalé dans le Purbeck supérieur du Dorset. Je n'ai pas identifié *A. tricornitatus* typique (ce terme couvre d'ailleurs des formes assez différentes les unes des autres), mais *A. ethmos* Delcourt et Sprumont du « Wealdien » de Féron-Glajeon dans l'Avesnois;

* Lab. de Géologie des Formations de couverture de l'Ouest; Groupe de recherche et d'étude des formations de couverture de l'Ouest (G.R.E.C.O.), Univ. de Rennes (France - 35).

— je n'ai pas trouvé les formes qui, selon Hughes [1958], ne sont apparues qu'à la fin du Valanginien;

— il peut être intéressant de noter l'absence du genre *Classopollis* qui manque également dans le « Wealdien » du Hainaut [Delcourt et Sprumont, 1959, p. 55] alors qu'il existe dans l'Avesnois. C'est au Valanginien supérieur que Hughes [1958] place le maximum de fréquence de ce genre dans la série Purbeck-Weald (Angleterre, Pays-Bas, Allemagne);

— la variété observée sur environ 200 formes identifiées réduit la fréquence de certaines à 0,5 %; elle dicte la prudence pour situer les échantillons dans la série stratigraphique. Il est cependant possible de conclure que les échantillons étudiés doivent représenter des dépôts situés vers la base de la formation du Weald.

2. ECHANTILLONS PRÉLEVÉS A 18 KM SSW DE FÉCAMP (station 11).

Le carottage a fourni des échantillons d'une roche marneuse en place. Dans les frottis, on peut voir des grains de glauconie et d'assez nombreux Foraminifères de très petite taille. Les préparations pour analyses palynologiques sont chargées de pyrite finement divisée et sont pauvres en matière organique. Le caractère de dépôt marin indiqué par les Foraminifères s'affirme par la présence de nombreux Dinoflagellés et d'Acritarches tandis que les spores et pollens sont rares.

Les assemblages sporo-polliniques, étudiés dans quatre échantillons prélevés tous les 2 cm sur une carotte de 9 cm, ne renferment pas de pollens d'Angiospermes. Ces assemblages sont moins variés que ceux provenant du carottage 335, en particulier les spores du type « *Cicatricosisporites* » sont moins fréquentes et mal conservées ce qui peut s'expliquer, au moins partiellement, par la différence des milieux de sédimentation, continental en 335, marin en 11.

L'interprétation stratigraphique de spectres aussi pauvres est difficile : *Odontochitina* Deflandre assez fréquent, représenté par la partie de la thèque munie des deux cornes et *Parysaccites radiatus* Couper n'ont pas encore été signalés dans des formations antécrétaçées. Par contre, *Gleicheniidites (Peregrinisporis)* Krutzsch et *Alisporites thomasii* (Couper) Pocock ne paraissent pas exister après le Crétacé inférieur [Pocock, 1962; von der Brelie, 1964].

Sur ces arguments et parce qu'il s'agit d'un sédiment marin, je proposerai, pour les échantillons prélevés en 11, un âge aptien-albien en indiquant que l'absence de pollens de type longaxone, représentant les premiers Angiospermes connus dans l'hémisphère nord au plus tôt à l'Albien-Cénomanien, est en faveur d'un âge aptien, au plus, début de l'Albien.

3. ECHANTILLONS PRÉLEVÉS A 24 KM NNE DE FÉCAMP (stations 71, 76, 762).

Tous ces carottages ont fourni des échantillons de sable coquillier. Les préparations pour analyses palynologiques ont le même aspect, dans les trois séries d'échantillons et de la base au sommet des carottes. Elles sont riches en matière organique non figurée et renferment quelques fragments ligneux.

Les spores sont extrêmement rares : une seule observée *Leiotriletes* aspect *sinuosides* Krutzsch connue du Weald à l'Oligocène supérieur.

Les pollens sont peu nombreux : certaines formes pour 0,5 % (*Monocolpopollenites tranquillus* et *Inaperturropollenites cf. incertus* (Tertiaire ancien); *I. cf. hiatus*, *Tricolporopollenites cingulum*, *Tetracolporopollenites* une espèce).

L'assemblage est essentiellement constitué de *Brevaxones* parmi lesquels les *Normapolles* (Pflug) dominent largement et parmi ceux-ci presque toutes les formes appartiennent au genre *Plicapollis* Kr. : *Plicapollis pseudoexcelsus* (Krutzsch 1958) Kr. 1960, avec les sous-espèces *pseudoexcelsus* Kr. 1960, *turgidus* (Pf.) Kr. 1960, *semiturgidus* (Pf.) Kr. 1960; *Complexiopolis* Kr. sp. (un exemplaire); *Nudopollis* Pf. sp. (un exemplaire).

Parmi les autres *Brevaxones* observés : *Triatriopollenites bituitus* (R. Pot.) Th. et Pf., *T. coryphaeus* (R. Pot.) Th. et Pf. avec les sous-espèces *punctatus* (R. Pot.) Th. et Pf. et *microcoryphaeus* (R. Pot.) Th. et Pf.; *Subtriporopollenites*, *Intratriporopollenites*.

En l'absence de tout élément de plancton marin ou saumâtre, l'association paraît représenter une végétation particulière, type d'un marécage d'eau noire (abondance de la matière organique) avec des buissons de Myridacées. (Les *Triatriopollenites* et les *Plicapollis pseudoexcelsus* sont considérés comme ayant dû appartenir à des Myricacées.)

L'interprétation d'un spectre pollinique aussi particulier est délicate parce que son caractère peut être

déterminé autant ou plus par la végétation locale que par le stade de l'évolution de la flore.

Les références aux travaux de palynologie [Gruas, Chateauneuf, Kedves] dans les formations du Bassin de Paris font penser que ces dépôts se situent dans un faciès continental du Tertiaire inférieur. Toutes les espèces observées existent dans le faciès sparnacien de l'Yprésien inférieur (Bassin de Paris, Ouest de la France) mais elles sont généralement accompagnées d'une grande abondance de formes dont l'ensemble a une véritable signification stratigraphique.

En conclusion, je pense qu'on peut dire Eocène, probablement antérieur au Bartonien (*Pl. pseudo-excelsus pseudoexcelsus* assez fréquent), et à titre d'hypothèse : faciès sparnacien).

L'étude de ces trois séries d'échantillons ne peut fournir que des conclusions à valeur ponctuelle; elles sont en accord avec les données qui ont permis de tracer les schémas paléogéographiques déjà classiques ou plus récents :

- dépôts du Weald au large de Dungeness [Rat, 1963],
- Aptien-Albien de la baie de la Seine [A. de Lapparent, 1906],
- Eocène inférieur au large de Fécamp, résultat à rapprocher des travaux de Feugueur [1963] sur la « formation de Varengeville ».

BIBLIOGRAPHIE

- BRELLIE G. von der (1964). — Eine unterkretazische Mikroflora aus dem nördlichen Sauerland. *Forsch. geol. Rheinld u. Westf.*, 12 : 117-168.
- CHATEAUNEUF J. J. et GRUAS-CAVAGNETTO C. (1968). — Etude palynologique du Paléogène de quatre sondages du Bassin de Paris (Chaignes, Montjavoult, Le Tillet, Ludes). In Colloque sur l'Eocène, Paris, mai 1968, vol. II, p. 113-160. *Mém. B.G.R.M.*, n° 59.
- COUPER R. A. (1958). — British mesozoic microspores and pollen grains. *Palaeontographica*, 103, Abt. B.
- DEFLANDRE G. et M. (1966). — Dinoflagellés VI. Fichier micropaléontologique général, sér. 16. Paris, C.N.R.S.

- DELCOURT A. et SPRUMONT G. (1957). — Les spores et grains de pollen du Wealdien du Hainaut. *Mém. Soc. belge Géol.*, n. sér. in-4°, n° 5.
- (1957). — Quelques microfossiles du Wealdien de Féron-Glagon. *Bull. Soc. belge Géol.*, LXVI (1) : 57-67.
- (1959). — Les spores, grains de pollen, Hystrichosphères et Péridiniens dans le Wealdien de Féron-Glagon. *Ann. Soc. géol. Nord*, LXXIX : 29-64.
- DORING H. (1966). — Die sporenstratigraphische Gliederung der Unterkreide im nördlichen Mitteleuropa. *Abh. zentr. geol. Inst.*, H. 5 : 64-77.
- FEUGUEUR L. (1963). — L'Yprésien du Bassin de Paris. Essai de monographie stratigraphique. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 568 p., 107 fig., 17 pl.
- GOCZAN F., GROOT J. J., KRUTZSCH W. et PACLOVA B. (1967). — Die Gattungen des « Stemma Normapolles Pflug 1953 ». Neubeschreibungen und Revision europäischer Formen. *Pal. Abh.*, (B), II (3) : 427-633.
- GRUAS-CAVAGNETTO C. (1968). — Etude palynologique des divers gisements du Sparnacien du Bassin de Paris. Thèse, Paris, 1967. *Mém. Soc. géol. Fr.*, n. sér., 47 (n° 110).
- HUGHES N. F. (1958). — Palaeontological evidence for the age of the english Wealden. *Geol. Mag.*, XCV (1) : 41-49.
- KEDVES M. (1967-1968). — Etudes palynologiques des couches du Tertiaire inférieur de la région parisienne. *Pollen et Spores*, 9 (3) : 521-552 et 10 (1) : 117-128.
- KRUTZSCH W. (1966). — Die sporenstratigraphische Gliederung der Oberkreide im nördlichen Mitteleuropa. *Abh. zentr. geol. Inst.*, 8 : 79-111.
- LANTZ J. (1958). — Etude palynologique de quelques échantillons mésozoïques du Dorset (Grande-Bretagne). *Rev. Inst. fr. Pétrole et Ann. Comb. liq.*, XIII (6).
- PFLUG H. (1953). — Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. *Palaeontographica*, 95 (B).
- POCOCK S. (1962). — Microflora analysis and age determination of strata at the jurassic-cretaceous boundary in the western Canada plains. *Ibid.*, 111 (B) : 1-95.
- RAT P. (1965). — Rapport sur les formations non marines du Crétacé inférieur français. In Colloque sur le Crétacé inférieur, 1963. *Mém. B.R.G.M.*, n° 34 : 333-343.
- WEYLAND H. et GREIFELD G. (1953). — Über strukturbietende Blätter und pflanzliche Mikrofossilien aus den untersenonen Tonen der Gegend von Quedenburg. *Palaeontographica*, 95 (B).

V. — ANALYSES POLLINIQUES ET DATATIONS RADIOCARBONE DES SÉDIMENTS QUATERNAIRES PRÉLEVÉS EN MANCHE CENTRALE ET ORIENTALE

par Marie-Thérèse MORZADEC-KERFOURN* et Georgette DELIBRIAS**

La découverte de dépôts tourbeux ou organiques submergés, post-wurmiens, est très importante pour l'étude des variations du niveau marin d'une part et la connaissance de l'évolution de la végétation d'autre part. De tels carottages restent encore très rares. Tous les sédiments riches en matière organique prélevés en Manche lors de la campagne 1969 ont été traités en vue de leur étude palynologique; seuls trois échantillons peuvent être rapportés au Quaternaire.

Les prélèvements ont été effectués l'un en baie de Seine, au large de Port-en-Bessin et Ouistreham, les deux autres dans le Boulonnais, à une trentaine de mètres de profondeur (fig. 7).

1. SONDAGE 796 (fig. 8).

Le sondage, réalisé sous 36 m d'eau, au Nord de Port-en-Bessin et Ouistreham, dans la paleovalleé de la Seine, a traversé 10 cm de sédiment, tourbeux à la base, et plus sableux au sommet.

La végétation contenue dans ce dépôt, dominée par les plantes herbacées, présente des caractères tardiglaciaires indéniables : les seuls pollens d'arbre présents, sont ceux de *Betula* et *Pinus*; les arbustes sont représentés par *Salix* et *Juniperus*; *Corylus* apparaît au sommet.

De 10 à 6 cm de profondeur, dans le dépôt tourbeux, le taux des pollens d'arbre atteint 30 % du total des pollens. La végétation arbustive est dominée par *Pinus*, *Betula* et *Salix*; à 8 cm de profondeur, les pourcentages de pollens de *Pinus* sont supérieurs à ceux de *Betula*. Le taux des pollens d'arbre indique un boisement relativement important qui doit se

situer dans la période la plus thermophile du Tardiglaciaire, l'Alleröd, zone II de H. Dodwin [1956]. Les plantes herbacées sont représentées par des Graminées pour la part la plus importante, des Cypéracées, des Ombellifères, *Filipendula*. La présence de *Typha latifolia* et de *Menyanthes* montre que ce dépôt s'est formé dans un marécage. Les Pteridophytes sont bien développées; les spores de Fougères monolètes sont extrêmement abondantes; leur nombre atteint 90 % du total des pollens et des spores.

Dans la partie plus détritique, entre 6 et 2 cm de profondeur, le taux des pollens d'arbre est inférieur à 8 %. Le développement de *Betula* aux dépens de *Pinus*, la présence d'une grande variété de plantes herbacées à caractère steppique, montrent que cette chute du taux des pollens d'arbre est due à une détérioration climatique. Ce type de végétation est caractéristique des périodes froides du Tardiglaciaire; il permet d'attribuer au Dryas récent, période qui suit l'oscillation chaude de l'Alleröd, cette fraction du sondage. Les plantes herbacées sont typiques des terrains secs et découverts : nombreuses Graminées, peu de Cypéracées, mais forts pourcentages de pollens d'*Artemisia*. On y trouve l'association de plantes calcicoles caractéristiques du Tardiglaciaire : *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Filipendula*, *Poterium*, *Armeria*. Les Fougères sont en nette régression; *Selaginella* est présente.

Un banc sableux peu épais sépare le Dryas récent du niveau supérieur dans lequel les caractères de la végétation indiquent des conditions climatiques plus favorables. Le taux des pollens d'arbre atteint 45 % du total des pollens et *Pinus* se développe aux dépens de *Betula*. *Corylus* est présent. Les plantes herbacées

* Inst. de Géologie, Univ. de Rennes (France - 35).

** Centre des faibles radioactivités, Gif-sur-Yvette (France - 92).

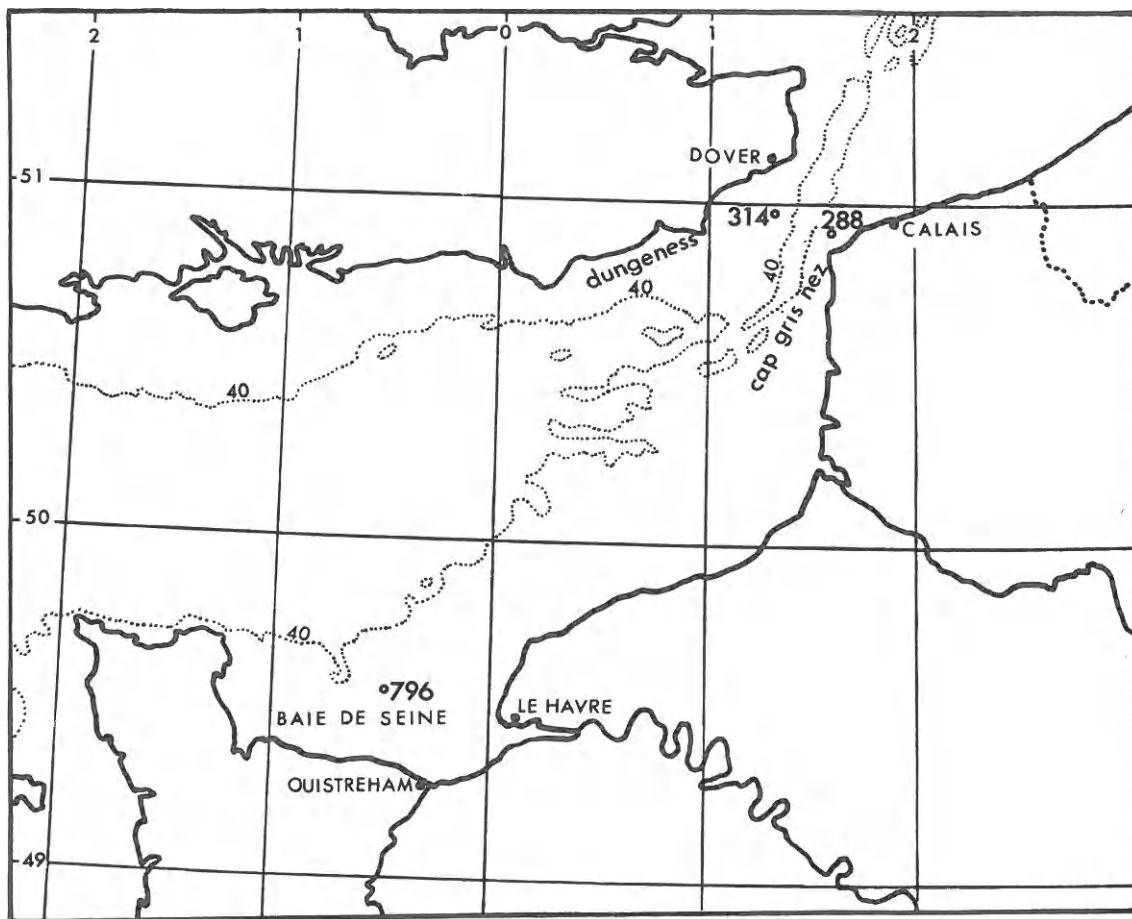


FIG. 7. — Position des carottages de sédiments quaternaires.

à caractère steppique rencontrées dans le niveau précédent sont toujours présentes mais en faible pourcentage; le couvert végétal n'était donc pas encore complet. Le développement net de *Pinus* est le premier indice du réchauffement postglaciaire dans le Nord de l'Europe; il permet ici de situer la mise en place de ce dépôt au cours de la période préboréale, zone IV de la zonation anglaise. Ce passage au Préboréal est confirmé par la datation radiocarbone du sommet du dépôt qui donne le résultat suivant : Gif 1878 = 9 800 ± 230 ans.

L'analyse pollinique met en évidence une stratigraphie très comprimée puisque trois phases climatiques sont représentées dans les 10 cm de sédiment. Mais les coupures stratigraphiques coïncident avec des modifications des caractères lithologiques du dépôt, montrant qu'il n'y a sans doute pas continuité

entre les différentes zones mais simplement superposition.

Les caractères de cet échantillon peuvent être résumés comme suit, à partir de la base :

— de 10 à 6 cm de profondeur : Alleröd, zone II. Le dépôt est organique, le taux des pollens d'arbre atteint 30 % du total des pollens, *Pinus* domine *Betula* et *Salix*;

— de 6 à 2 cm de profondeur : Dryas récent, zone III. Le dépôt est détritique, le taux des pollens d'arbre est inférieur à 8 %, *Betula* domine *Pinus* et *Salix*, *Juniperus* est présent;

— banc sableux peu épais;

— de 2 cm à la surface : Préboréal, zone IV, daté de 9 800 ± 230 ans. Le dépôt est détritique mais le taux des pollens d'arbre est de 45 %, *Pinus* domine nettement *Betula* et *Corylus*.

Il n'y a dans cet échantillon, aucun indice d'influence marine; le niveau supérieur, plus détritique, doit être fluviatile comme l'indique la présence de pollens de plantes aquatiques.

2. SONDAGE 314 (fig. 8).

Le sédiment, prélevé sous 31 m d'eau, entre Douvres et Boulogne, est un silt gris; l'échantillon carotté mesure 10 cm d'épaisseur.

La végétation arbustive est représentée par *Pinus* et *Betula*; le pourcentage des pollens d'arbre croît de 43 à 70 %, mettant en évidence un taux de boisement assez important. *Pinus* prend progressivement de l'importance aux dépens de *Betula*. *Salix* et *Corylus* ont une représentation constante de la base au sommet. Les pourcentages de pollens de *Salix* sont toujours supérieurs à ceux de *Corylus* qui n'atteint jamais plus de 5 % du total des pollens. Graminées, Cypéracées et Ombellifères forment l'essentiel de la végétation herbacée; les autres essences n'étant représentées que par de rares pollens. Les Fougères à spores monolètes sont abondantes. Elles peuvent atteindre à la base 90 % du contenu sporo-pollinique.

L'association *Pinus-Betula*, les faibles pourcentages de pollens de *Corylus* permettent d'attribuer un âge préboréal (zone IV de la zonation anglaise) à ce dépôt, soit 9 500 ans environ; la quantité de matière organique dans cet échantillon n'est pas suffisante pour une datation absolue.

L'absence de pollens de Chénopodiacées et d'« hystichosphères » indique une origine fluviatile et non marine du sédiment; ceci est confirmé par les forts pourcentages de pollens de *Potamogeton*.

3. SONDAGE 288 (fig. 9).

L'échantillon a été prélevé à 32 m de profondeur au large du cap Gris-Nez. La tourbe est recouverte par un sable puis un silt gris.

La végétation du niveau tourbeux possède des caractères tardiglaciaires comparables à ceux du sondage 796. *Betula*, *Pinus*, *Salix*, *Corylus* et *Juniperus* représentent, dans l'ordre décroissant, la végétation arbustive. Le taux des pollens d'arbre est relativement important, de l'ordre de 30 %, mais la prédominance de *Betula* indique des conditions climatiques assez rigoureuses. L'importance du cor-

tège des plantes herbacées de terrains découverts : *Artemisia* et d'autres Composées, *Helianthemum*, *Filipendula*, *Thalictrum*, s'accordent avec cette hypothèse. Les Graminées et les Cypéracées constituent plus de 50 % du total des pollens. Si parmi les Pteridophytes, les Fougères sont faiblement représentées, *Selaginella* atteint 70 % du contenu sporo-pollinique.

Un tel type de végétation caractérise la période froide, Dryas ancien, qui précède l'oscillation d'Alleröd ou celle qui la suit, Dryas récent. Une datation absolue permet de lever l'indétermination; l'échantillon tourbeux a été daté de $12\ 600 \pm 250$ ans : Gif 1615, donc du Dryas ancien.

Entre 14 et 20 cm de profondeur, les pollens et les spores quaternaires sont très rares, tandis que des spores et des pollens provenant du remaniement de sédiments crétacés abondent. Au-dessus de 14 cm, le taux des pollens et spores crétacés décroît progressivement et le paysage végétal quaternaire apparaît.

La végétation arbustive est dominée par *Pinus* et *Corylus*; l'extension de ces essences se fait aux dépens de *Betula*. Dès la base, les pourcentages de pollens de *Corylus* sont importants, supérieurs à 20 %. Ce niveau est marqué par l'apparition des thermophiles, *Ulmus* à 8 cm de profondeur, puis *Quercus* et enfin *Alnus*. Ce développement s'accompagne d'une meilleure représentation des plantes herbacées et en particulier d'une poussée des Ombellifères alors que les Fougères sont en net recul. Les pourcentages élevés de pollens *Corylus*, la dominance de *Pinus* et l'apparition en quantité modeste de *Ulmus*, *Quercus* et *Alnus* permettent de situer ce dépôt dans la période boréale, zone V de H. Godwin. Un échantillon prélevé au sommet entre 3 et 5 cm de profondeur a été daté de $8\ 250 \pm 300$ ans, Gif 1614; résultat en accord avec l'analyse pollinique.

Les sédiments du sondage 288 sont très fortement pollués par le remaniement de dépôts crétacés. Après la phase froide tardiglaciaire, l'érosion est forte. La sédimentation débute au Postglaciaire par un dépôt fluviatile ne renfermant que des pollens d'origine secondaire. Progressivement, le taux des pollens crétacés décroît mais la sédimentation reste fluviatile.

La stratigraphie de cet échantillon carotté est la suivante, de la base au sommet :

-- Tardiglaciaire : Dryas ancien, zone I, dépôt organique de 8 cm d'épaisseur, daté de 12 600

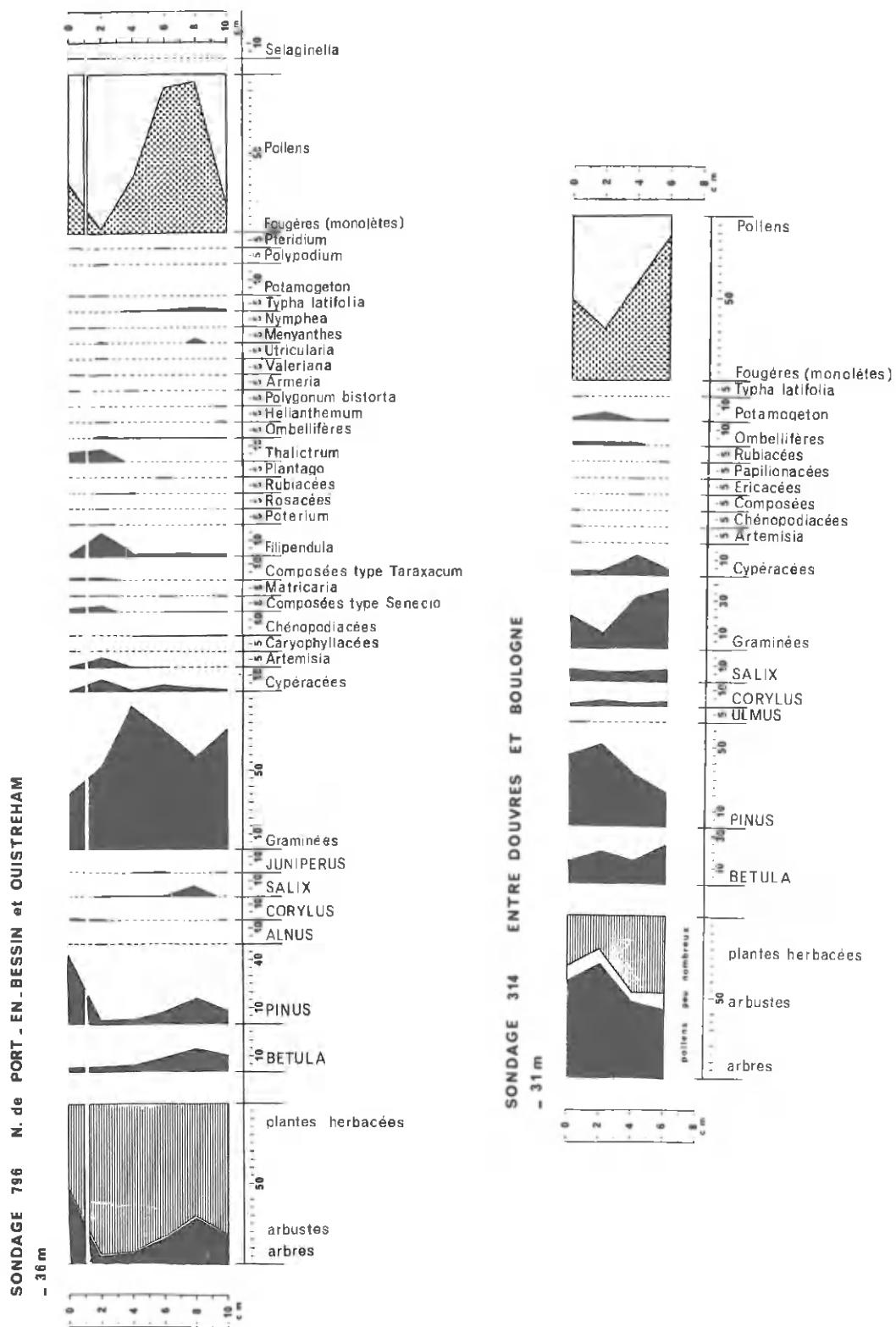


FIG. 8. — Analyses polliniques. Pourcentages calculés à partir du total des pollens.

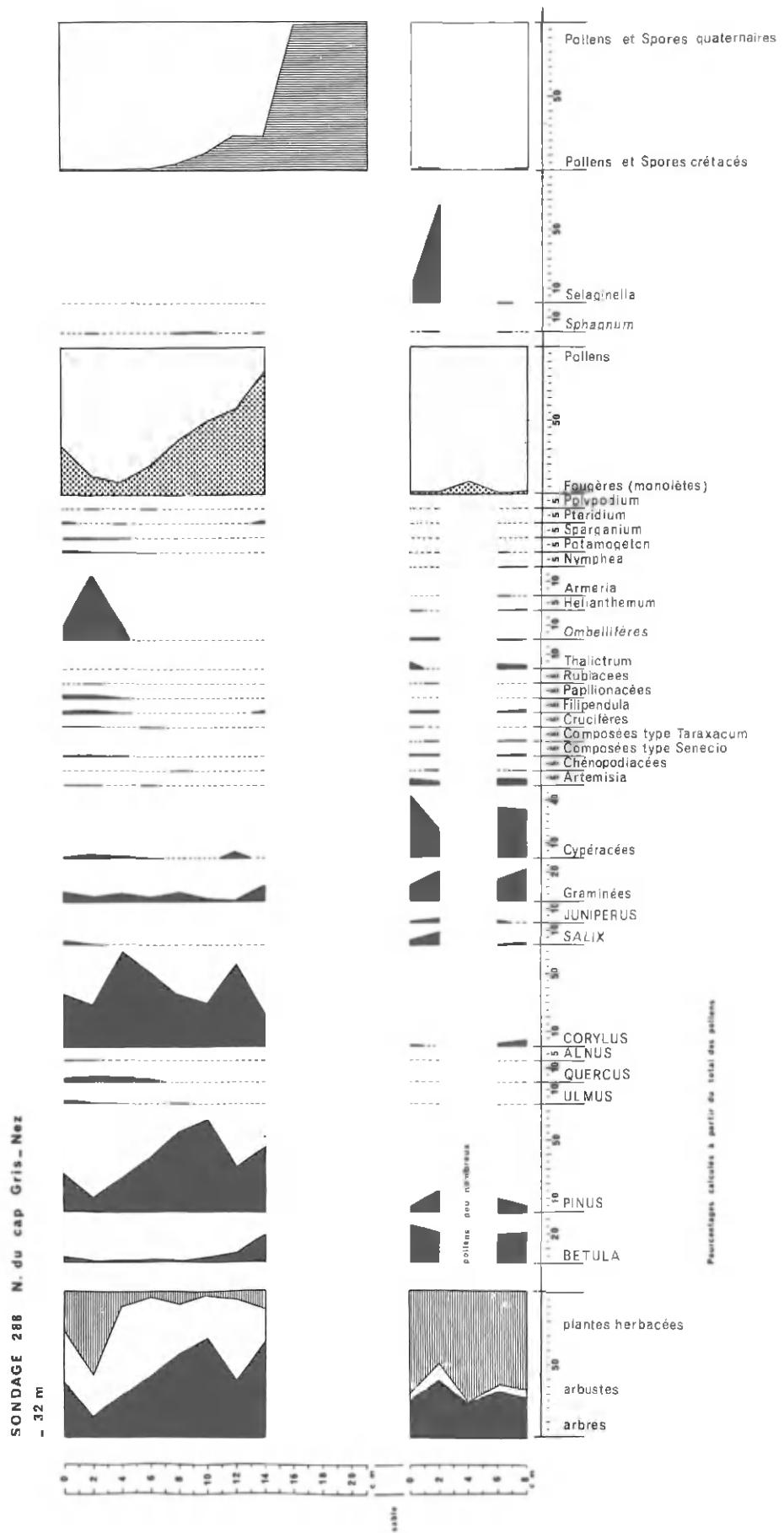


FIG. 9. — Analyse pollinique.

± 250 ans. Le taux des pollens d'arbre est voisin de 30 %, *Betula* domine *Pinus*, *Salix*, *Corylus* et *Juniperus*;

— sable et silt postglaciaire remaniant des sédiments préwurmiens;

— Postglaciaire : Boréal, zone V, dépôt détritique, daté de $8\ 250 \pm 300$ ans. Le taux des pollens d'arbre et d'arbuste atteint 90 % du total des pollens, *Pinus* et *Corylus* prédominent, *Ulmus*, *Quercus* et *Alnus* sont présents.

CONCLUSION.

Ces trois sondages en Manche apportent des renseignements très précieux sur la composition de la végétation au Tardiglaciaire et au début du Postglaciaire. Si les différentes phases du Tardiglaciaire ont été nettement mises en évidence en Hollande et en Belgique [Van der Hammen, 1952; De Ploey, 1963] il n'en est pas de même dans le Nord de la France, près des côtes de la Manche, où la stratigraphie reste assez imprécise [Elhai, 1959; Elhai et Larsonneur, 1969].

L'évolution du paysage végétal qui se dégage de l'étude pollinique de ces sédiments est la suivante :

— Dryas ancien, zone I, daté de $12\ 600 \pm 250$ ans. La végétation est de type steppique à Graminées et Cypéracées dominantes et à forte représentation d'*Artemisia*. *Betula* domine les autres espèces arbustives;

— Alleröd, zone II. L'amélioration climatique de l'Alleröd se traduit par une diminution des Herbacées, mais une extension des Fougères et une poussée de *Pinus*.

— Dryas récent, zone III. Le retour à des conditions plus rudes se marque par un développement des plantes de terrains secs et découverts.

— Préboréal, zone IV, daté de $9\ 800 \pm 230$ ans. Les conditions steppiques demeurent mais *Pinus* s'étend et la présence de *Corylus* se traduit par une courbe continue.

— Boréal, zone V, daté de $8\ 250 \pm 300$ ans. L'extension définitive de *Pinus*, le développement de *Corylus* et l'apparition des thermophiles caractérisent cette zone.

Ces dépôts quaternaires sont conservés dans des paléovallées sous-marines, entre 30 et 36 m au-dessous du niveau actuel de la mer. Étant d'origine lacustre ou fluviatile, ils n'apportent pas de rensei-

gnements très précis sur la position de la mer au moment de leur formation, sinon qu'elle n'avait pas atteint la cote — 36 m à la fin du Dryas récent (sondage 796) et la cote — 32 m au Boréal, zone V (sondage 288); ce qui est conforme aux résultats obtenus à travers le monde.

Pendant le Tardiglaciaire, les sédiments riches en matière organique se déposaient dans des dépressions marécageuses. Ces dépôts sont recouverts par un sédiment d'origine fluviatile qui s'est mis en place pendant le Préboréal et le Boréal : apport fluvial qui est la conséquence directe du réchauffement climatique et de la progression de la transgression flandrienne. La coupure entre le Tardiglaciaire et le Postglaciaire ne se marque donc pas seulement dans la végétation par le recul des conditions steppiques au début du Préboréal, mais aussi par une modification importante de la sédimentation. Il paraît donc logique de placer ici, c'est-à-dire vers 10 000 B.P., la limite Holocène-Pleistocène. Cette coupure est admise par la majorité des Quaternaristes européens et conforme au vœu de la sous-commission de l'INQUA pour l'étude de l'Holocène qui préconise de placer la limite internationale entre le Pléistocène et l'Holocène dans l'intervalle de temps qui sépare la fin du Bölling du début du Préboréal. Stratigraphiquement Postglaciaire, Holocène et Flandrien peuvent être considérés comme des termes équivalents.

BIBLIOGRAPHIE

- DE PLOEY J. (1963). — Palynological investigations of the Upper-Pleistocene and Holocene deposits in the Lower Kempenland (Belgium). *Grana Palynologica*, 4 (3) : 428-438.
- ELHAI H. (1959). — Analyse pollinique de deux tourbières normandes. *Pollen et Spores*, 1 : 59-76.
- ELHAI H. et LARSONNEUR C. (avec collab. M^{mes} DE NÈFLES et HUAULT) (1969). — Dépôts tardiglaciaires et postglaciaires sur la côte du Calvados. *Bull. A.F.E.Q.*, 2 : 93-104.
- GODWIN H. (1956). — The history of the British Flora. A Factual Basis for Phytogeography. Cambridge, University Press, 383 p.
- VAN DER HAMMEN Th. (1953). — Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidse geol. Meded.*, 17 : 71-183.

VI. — MINÉRALOGIE DE LA PHASE ARGILEUSE ET CARBONATÉE DE QUELQUES ÉCHANTILLONS SECONDAIRES ET TERTIAIRES PRÉLEVÉS EN MANCHE CENTRALE ET ORIENTALE

par Jacques ESTÉOULE* et Janine ESTÉOULE-CHOUX**

Dans le cadre d'un contrat CNEXO, 90 échantillons (dont 77 provenaient de la Manche centrale et orientale et 13 du continent) nous ont été confiés pour une étude minéralogique des phases argileuse et carbonatée.

Les échantillons de la Manche se répartissent du point de vue stratigraphique de la façon suivante :

- 29 appartiennent au Jurassique;
- 1 représente le faciès « Purbeck »;
- 9 sont rapportés au faciès « Weald »;
- 27 sont datés du Crétacé;
- 9 appartiennent au Tertiaire;
- 2 sont quaternaires.

1. LES DÉPÔTS JURASSIQUES.

La nature des minéraux argileux et des carbonates est donnée dans le Tableau IV. Dans ce tableau et dans les suivants :

— lorsque les minéraux sont notés sur la même ligne, les proportions sont sensiblement équivalentes;

— lorsque les minéraux sont notés sur différentes lignes, ceux de la ligne supérieure sont dominants par rapport à ceux de la ligne inférieure;

— lorsque le minéral argileux est caractérisé par une réflexion à 10 Å stable à tous les traitements, il est désigné sous le nom d'argile micacée sans préjuger de sa nature polymorphique exacte. Lorsque ce type de feuillet se rencontre dans un édifice interstratifié, pour la commodité de l'expression et dans le même esprit que ci-dessus, il sera désigné par le terme mica (exemple : mica-montmorillonite).

Du tableau IV, il ressort que la kaolinite est abondante au Jurassique.

Le Jurassique inférieur est caractérisé par un assemblage kaolinite-argile micacée dominant auquel s'ajoutent de petites quantités de smectites, d'interstratifié mica-smectites et parfois de traces de chlorite. La fraction carbonatée qui accompagne ces argiles est constituée par la calcite associée dans deux échantillons à des traces de dolomite.

Les échantillons du Jurassique moyen dans lesquels la calcite est, à une exception près, toujours présente, ne montrent aucune convergence du point de vue des minéraux argileux qui sont tantôt caractérisés par l'assemblage kaolinite-argile micacée, tantôt par la montmorillonite dominante.

Les sédiments du Jurassique supérieur présentent par contre une bonne convergence du point de vue de la nature des minéraux argileux :

— les dépôts du Kimméridgien et du Portlandien sont caractérisés par l'assemblage kaolinite-argile micacée dominant sur de petites quantités de smectites et de chlorite, que la calcite soit présente ou absente;

— sur les trois échantillons oxfordiens étudiés, deux (1010 et 1014) présentent une très grande analogie aussi bien du point de vue lithologique que du point de vue minéralogique et sont caractérisés par la montmorillonite dominante et la calcite associée à un peu de dolomite. Le troisième (1008), qui est une marne verte tout à fait différente des marnes grises précédentes, est caractérisé par l'assemblage kaolinite-argile micacée avec de la calcite.

Groupe de Recherche et d'étude des formations de couverture de l'Ouest (G.R.E.C.O.).

* Lab. de Minéralogie et Géotechnique, Inst. nat. sci. appl. (I.N.S.A.), Rennes.

** Lab. de Géologie des formations de couverture de l'Ouest, Univ. de Rennes.

2. LES FACIÈS « PURBECK-WEALD ».

Pour tous les échantillons du faciès « Weald » prélevés entre le cap Dungeness, Calais et Boulogne, l'assemblage kaolinite-argile micacée est prédominant à l'exception d'un seul où apparaît une quantité notable de vermiculite. L'argile grise du faciès « Purbeck » est composée de montmorillonite associée à de la calcite.

3. LES DÉPÔTS CRÉTACÉS.

Les résultats de l'étude minéralogique des sédiments crétacés sont consignés dans le tableau V.

Les sables bruns légèrement calcaires de l'Albien (663 et 666) renferment de la montmorillonite associée à une petite quantité d'argile micacée. A cette fraction argileuse s'ajoute un peu de calcite. Dans l'échantillon 496 (Crétacé inférieur possible), la calcite constitue la quasi totalité du sédiment qui contient en outre une fraction argileuse très faible et peu significative, composée d'argile micacée et de montmorillonite.

Les dépôts du Crétacé supérieur sont caractérisés, à quelques exceptions près, par l'association classique calcite-montmorillonite lorsque la fraction argileuse est suffisamment importante pour être significative.

Quatre échantillons de calcaire du Crétacé (266, 496, 673, 922) contiennent en outre de la clinoptilolite.

4. LES DÉPÔTS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES.

Le tableau VI donne les résultats de l'analyse minéralogique des échantillons tertiaires et quaternaires. Ceux de l'Eocène ne présentent aucune convergence du point de vue des assemblages des minéraux argileux et, à une exception près, les carbonates sont absents. Il en est de même pour ceux du Quaternaire.

5. DISCUSSION.

Il serait hâtif de tirer des conclusions à partir d'un nombre aussi restreint d'échantillons. Ce travail doit être considéré comme un début d'inventaire des minéraux argileux (et des carbonates) des terrains secondaires et tertiaires de la Manche. De plus, les

données sur la fraction fine des dépôts secondaires sur le continent qui pourraient éventuellement permettre de tirer parti par comparaison des quelques données acquises sur les dépôts sous-marins, semblent peu nombreuses : il convient de citer les travaux de Maurel [1959] sur les marnes noires oxfordiennes de Villers où il détermine « l'illite à tendance montmorillonitique » et la kaolinite, et ceux de Poisson, [1962] sur le Callovo-Oxfordien de Villers où cet auteur identifie un interstratifié à base d'ammersoïte associé à la vermiculite, l'illite et la kaolinite. A ceci s'ajoute dans le cadre de ce travail la détermination des minéraux argileux d'échantillons du Secondaire provenant du continent (tableau VII).

Le fait le plus important de cette étude est l'abondance de la kaolinite au Jurassique : associée à l'argile micacée elle forme un assemblage caractéristique au Jurassique inférieur; au Jurassique moyen, la montmorillonite apparaît de plus en plus fréquente pour culminer dans les marnes de l'Oxfordien. Au Kimméridgien et surtout au Portlandien, la kaolinite redevient prépondérante : il est à noter que cette kaolinite relativement abondante dans le Jurassique, se trouve associée, à quelques rares exceptions près, à la calcite. Cette association peu commune mérite d'être signalée et l'on peut, dès maintenant, se demander si malgré les échantillons peu nombreux examinés (27), la présence simultanée de kaolinite et de calcite ne constitue pas une particularité remarquable des dépôts jurassiques dans cette région.

La sédimentation crétacée est, dans son ensemble, caractérisée par l'association classique montmorillonite dominante-calcite déjà signalée par de nombreux auteurs [Millot, 1964].

En un mot, cette étude montre l'abondance relative de la kaolinite au Jurassique et en particulier au Kimméridgien-Portlandien où elle est dominante même si les dépôts sont franchement calcaires.

BIBLIOGRAPHIE

- MAUREL P. (1959). — Etude minéralogique de quelques marnes noires oxfordiennes. *Bull. Soc. fr. Minér. Crist.*, LXXXII : 276-284.
- POISSON A. (1962). — Contribution à la connaissance sédimentologique du Callovo-Oxfordien de Normandie et du Haut-Maine. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IV (3) : 405-412.
- MILLOT G. (1964). — Géologie des argiles. Paris, Masson, 499 p.

TABLEAU VI

Minéralogie des phases argileuses et carbonatées des échantillons tertiaires et quaternaires

N° des échantillons - Localisation - Nature	Nature de la phase argileuse	Nature de la phase carbonatée
QUATERNAIRE		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague	931 calcaire gris dur 920 argile brun rouge	<ul style="list-style-type: none"> - kaolinite, argile micacée - montmorillonite, chlorite - kaolinite, montmorillonite - argile micacée avec traces d'un interstratifié montmorillonite-chlorite
		calcite
TERTIAIRE (EOCÈNE, sauf le 906 qui est Tertiaire indéterminé)		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague	980 sable grisâtre 979 argile grisâtre 919 argile brune	<ul style="list-style-type: none"> - illite partiellement ouverte - montmorillonite, kaolinite - argile micacée - traces de chlorite - montmorillonite - kaolinite - traces d'argile micacée et de chlorite
N. de Barfleur	906 sable argileux grisâtre	<ul style="list-style-type: none"> - kaolinite, montmorillonite - argile micacée
N. W. du Havre	507 sable brun rouille glauconieux à débris de coquilles 503 sable ocre glauconieux	<ul style="list-style-type: none"> - montmorillonite - argile micacée, kaolinite - traces de chlorite - interstratifié irrégulier montmorillonite-mica avec 2 feuillets type mica pour 1 feuillet type smectite - argile micacée
	502 argile beige	<ul style="list-style-type: none"> - kaolinite, montmorillonite, argile micacée
N. W. de Dunkerque	251 argile calcaire grise 241 argile gris foncé	<ul style="list-style-type: none"> - montmorillonite - un peu d'argile micacée et de kaolinite - traces de chlorite - montmorillonite - kaolinite, argile micacée - traces de chlorite
		un peu de calcite

TABLEAU VII

Minéralogie des phases argileuses et calcaires des échantillons jurassiques et crétacés prélevés sur le continent

Echantillon - Localisation - Nature	Nature de la phase argileuse	Nature de la phase carbonatée
CRÉTACÉ INFÉRIEUR Forage Bruneval (10 km N. du Havre)		
Albien supérieur, Gault Prof. 30, 30 m	marne grise glauconieuse	- montmorillonite - petite quantité d'argile micacée
Prof. 36, 50 m	argile grise glauconieuse légèrement calcaire	- montmorillonite - argile micacée - traces de kaolinite
Albien inférieur/Aptien supérieur Prof. 41, 10 m	sable argileux brun et glauconieux avec graviers de quartz	- montmorillonite - petite quantité d'argile micacée
Aptien probable Prof. 80, 30 m	argile grise glauconieuse	- montmorillonite - petite quantité d'argile micacée - traces de kaolinite
Prof. 89, 80 m	argile grise glauconieuse	- montmorillonite - petite quantité d'argile micacée - traces de kaolinite
JURASSIQUE INFÉRIEUR		
La Caine(fouille) Toarcien	marne grise	- kaolinite, argile micacée - mélange interstratifié complexe de type mica-montmorillonite - traces de chlorite
Tilly-sur-Seules Pliensbackien	marne grise	- kaolinite, mica ouvert en un mélange interstratifié complexe de type mica-montmorillonite
Forage Liesville 33 m Sinémurien	marne grise	- mica ouvert associé à un interstratifié irrégulier mica-montmorillonite - kaolinite

DISCUSSIONS

C'est pourquoi nous avons estimé que les vitesses suivantes étaient vraisemblables :

- Quaternaire (dépôts meubles) : 1 750 m/sec.
- Tertiaire : 1 800 m/sec.
- Craie : 2 400 m/sec.
- Calcaires jurassiques : 2 800 m/sec.
- « Socle » : 4 500 à 5 000 m/sec.

On peut estimer que les épaisseurs calculées avec ces paramètres sont valables à 10 % près.

M. J. P. DESTOMBES : Peut-on connaître l'âge absolu de la tourbe reconnue « entre Douvres et Boulogne » à — 31 m de profondeur ?

Réponse de Mme MORZADEC : La quantité de matière organique de ce silt était insuffisante pour permettre une datation absolue.

M. R. HORN : Vous donnez des informations très précises quant aux épaisseurs des différentes formations géologiques rencontrées en Manche orientale et en Manche centrale.

Quelles sont les vitesses moyennes que vous attribuez aux différentes formations, et par quelle méthode avez-vous déterminé ces vitesses ?

Réponse : Il est bien certain que les fiches sparker ne fournissent que des coupes-temps. Cependant, les formations rencontrées en Manche ne sont pas très différentes de celles du Bassin de Paris. Ces dernières sont bien connues par forages ou de nombreux « lag-saniques » ont été réalisés.

M. G. BOILLOT : Il faut se souvenir dans nos discussions de la petite dimension des échantillons obtenus par carottage (de l'ordre de la centaine de grammes ou de quelques centaines de grammes). D'où certaines difficultés dans les études pétrographiques et micropaléontologiques et dans les datations absolues (C^{14}).

M. C. CAVELIER : Il convient de féliciter le groupe dont M. Hommeril a rapporté les résultats. Ceux-ci sont très prometteurs. Est-il possible d'obtenir des précisions supplémentaires sur les caractéristiques (faune, faciès) du Bartonien (Auversien) découvert au Nord de Fécamp ? Quelles sont ses affinités (Bassin de Paris ou Hampshire) ? D'autre part, le Lutétien inférieur a-t-il pu être caractérisé ?

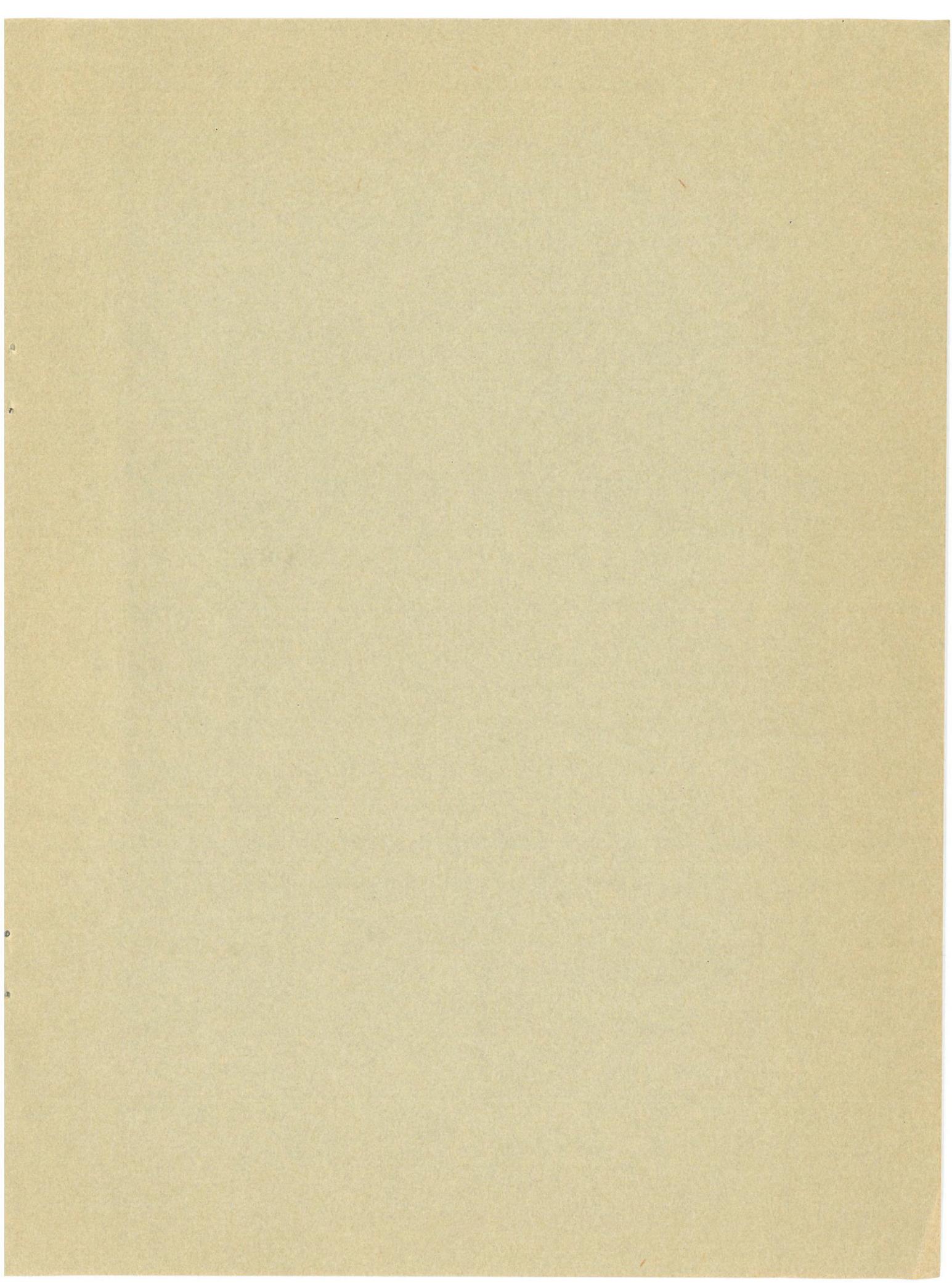
Réponse de M. BIGNOT : La composition générique de l'association de Foraminifères du Bartonien évoque celle des Sables d'Auvers-sur-Oise. D'autre part, la plupart des termes du Lutétien du Bassin de Paris ont été retrouvés en Manche orientale : Pierre à liards, calcaire à *Ditrupa*, calcaire grossier à *Orbitolites*, niveau de Foulangues.

OBSERVATIONS ET REPONSES

M. R. A. DARDEL : Quelle est l'épaisseur des sédiments au Jurassique ou au Crétacé ?

Réponse de M. LAPIERRE : L'épaisseur des séries est de :

- série non datée = 200 m,
- Lutétien = 150 m,
- Yprésien = 100 m,
- Turono-Sénonien = 150-200 m,
- Cénomanien = 100 m,
- Callovo-Oxfordien (en baie de Seine) = 400 m,
- Kimméridgien-Portlandien (en face de Cherbourg) = 300 m,
- Bathonien = 200 m,
- Lias = 150 m,
- Permo-Trias = 30 m.



Minéralogie des phases argileuses et carbonatées des échantillons jurassiques

N° des échantillons - Localisation - Nature

N° des échantillons - Localisation - Nature	Nature de la phase	Nature de la phase
	argileuse	carbonatée
PORLANDIEN		
916 argile calcaire feuilletée noire	- kaolinite, argile micacée - mélange interstratifié irrégulier	
915 argile calcaire feuilletée gris noir	- kaolinite, argile micacée - de type montmorillonite-mica - traces de chlorite	calcite
914 argile calcaire feuilletée noire	- kaolinite, argile micacée - mélange interstratifié irrégulier - kaolinite, mica ouvert associé à une petite quantité d'un interstratifié montmorillonite-mica - traces de chlorite	calcite
S. W. de Boulogne	[431 argile calcaire gauconieuse	- kaolinite - argile micacée - montmorillonite, chlorite
W. de Boulogne	[325 argile gris clair	- kaolinite, argile micacée - chlorite, interstratifié irrégulier - kaolinite, montmorillonite-mica
W. N. W. du Cap Gris-Nez	[224 marnes gris bleu	- kaolinite, argile micacée - vermiculite, chlorite
N. W. de Boulogne	[223 argile calcaire gris foncé	- kaolinite, argile micacée - vermiculite associé à une petite quantité de mélange interstratifié vermiculite-montmorillonite - kaolinite, argile micacée - montmorillonite, chlorite
W. de Boulogne	[207 marnes sableuses gris bleu (échantillon héterogène)	- vermiculite, chlorite
S. W. de Boulogne	[200 calcaire blanchâtre	- kaolinite, argile micacée - montmorillonite, chlorite
W. de Boulogne	[188 marnes gris foncé	- kaolinite, argile micacée, montmorillonite - traces de chlorite
		un peu de calcite
KIMMÉRIDGIEN		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague	912 sable fin gris jaune	calcite
5. W. de Boulogne	911 argile gris bleu	calcite
S. W. de Boulogne	[458 calcaire pulvérulent ocre à débris de silex	calcare
W. de Boulogne	[203 marnes beige	calcite
		calcite
OXFORDIEN		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague	1028 marnes gris clair	calcite traces de dolomite
939 argile calcaire brun clair	- kaolinite, argile micacée - montmorillonite - argile micacée avec traces de chlorite	calcite
937 marnes feuilletées gris foncé	- kaolinite - montmorillonite - traces d'argile micacée avec des feuillets montmorillonite et/ou vermiculite	calcite dolomite
1010 marnes grisâtres	- montmorillonite - petite quantité d'argile micacée et de kaolinite - traces de chlorite	calcite
934 marnes gris verdâtres	- kaolinite, argile micacée - montmorillonite - argile micacée	calcite
875 marnes gris clair	- montmorillonite - kaolinite, argile micacée	calcite
874 argile calcaire grise	- montmorillonite - kaolinite, argile micacée	calcite
		calcite
JURASSIQUE INFÉRIEUR		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague	998 marnes feuilletées noires	calcite traces de dolomite
997 marnes gris foncés	- argile micacée, kaolinite - interstratifié irrégulier, micas - montmorillonite - traces de chlorite et de vermiculite - argile micacée - kaolinite - petite quantité d'un interstratifié irrégulier complexe micas-vermiculite - traces de chlorite	calcite petite quantité de dolomite
996 calcaire gris foncé	- argile micacée - kaolinite - interstratifié irrégulier micas - montmorillonite - traces de chlorite	calcite
983 marnes gris foncées	- kaolinite, argile micacée - chlorite associée à un interstratifié irrégulier micas-	calcite

TABLEAU V

Minéralogie des phases argileuses et carbonatées des échantillons crétaçés

N° des échantillons - Localisation - Nature	Nature de la phase argileuse	Nature de la phase carbonatée
CRÉTACÉ SUPÉRIEUR		
N. de Cherbourg et du Cap de la Hague		
922 calcaire blanc friable	- montmorillonite - argile micacée	calcite
921 poudre calcaire blanche	- montmorillonite - argile micacée	calcite
894 calcaire blanc friable	- montmorillonite - argile micacée - kaolinite	calcite
N. W. du Havre		
675 calcaire blanc glauconieux	- montmorillonite, argile micacée, kaolinite	calcite
674 sable glauconieux	- fraction phylliteuse très faible - montmorillonite - traces d'argile micacée	calcite
673 calcaire friable gris bleu	- fraction phylliteuse faible - montmorillonite - traces d'argile micacée	calcite
672 sable beige calcaire et glauconieux	- montmorillonite - argile micacée	calcite
660 calcaire grisétre	- fraction phylliteuse faible - un peu d'argile micacée associée à un mélange interstratifié irrégulièrement de type mica-montmorillonite	calcite
688 marbre blanc	- montmorillonite - argile micacée	calcite
500 calcaire blanc	- montmorillonite - argile micacée - traces de kaolinite	calcite
419 sable vert glauconieux très légèrement calcaire	- mica ouvert - traces de kaolinite	calcite
494 calcaire gris glauconieux	- mica ouvert - traces de kaolinite	calcite
S. W. de Boulogne		
411 calcaire renfermant de nombreux grains de quartz	- montmorillonite, argile micacée - traces de chlorite - mica ouvert associé à des traces d'un interstratifié montmorillonite-mica	calcite
S. E. Cap de Dungeness	[343] marne verte	- kaolinite - traces d'un interstratifié montmorillonite-mica
296 calcaire blanc	- montmorillonite - argile mica :ée - traces de chlorite	calcite
294 marne verte avec grains de glaucophane	- mica ouvert - traces de montmorillonite et de kaolinite	calcite
N. de Calais		
266 calcaire blanc friable	- montmorillonite - argile micacée	calcite
264 calcaire blanc quartzeux	- montmorillonite - argile micacée, un peu de kaolinite	calcite
263 calcaire dur jaunâtre	- montmorillonite - traces d'argile micacée	calcite
261 calcaire blanc dur	- montmorillonite - un peu d'argile micacée	calcite
W. du Cap Gris-Nez		
226 calcaire blanchâtre	- montmorillonite - traces d'argile micacée, traces de rectorite	calcite
197 calcaire blanc grisâtre	- montmorillonite - traces d'argile micacée	calcite
S. W. de Boulogne		
182 argile grise	- kaolinite, argile micacée, vermiculite	calcite
CRÉTACÉ INFÉRIEUR		
666 sable brun clair légèrement calcaire	- montmorillonite - argile micacée	un peu de calcite
663 sable brun légèrement calcaire	- montmorillonite - un peu d'argile micacée - traces de kaolinite	un peu de calcite
N. N. W. du Havre		
496 calcaire grisétre glauconieux	- un peu d'argile micacée et de montmorillonite	calcite